ENTRENAMIENTO Y MUJER

PROYECTO INNOVACIÓN DOCENTE
Asignatura "Evaluación y Control del Entrenamiento Deportivo"
Curso académico 24/25

EDITORES:
Felipe García Pinillos
Santiago Alejo Ruiz Alias

INFORMACIÓN DE LOS EDITORES

BREVE RESEÑA - FELIPE GARCÍA PINILLOS

Felipe García-Pinillos es Profesor Titular en la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, donde desarrolla su labor docente e investigadora en el ámbito del entrenamiento deportivo. Doctor en Ciencias de la Salud por la Universidad de Jaén (2016), obtuvo el Premio Extraordinario de Doctorado por su tesis sobre la respuesta fisiológica, neuromuscular y biomecánica al HIIT en corredores de fondo.

Su trayectoria investigadora se ha centrado en la optimización del proceso de entrenamiento deportivo, con especial énfasis en la carrera de resistencia. En los últimos años, ha liderado y participado en diversos proyectos de investigación centrados en el entrenamiento y la salud de la mujer deportista, incluyendo estudios sobre el impacto del ciclo menstrual en el rendimiento, la personalización del entrenamiento en función del perfil hormonal y el diseño de protocolos específicos para mujeres atletas.

Ha publicado más de 190 artículos científicos indexados en Web of Science, con un alto índice de impacto (37% en Q1) y una notable repercusión internacional, situándose entre los principales autores del mundo en el ámbito de la carrera de resistencia.

Ha participado en numerosos proyectos de investigación, siendo investigador principal en varios de ellos, incluidos proyectos del Plan Nacional y del Plan Propio de la UGR. En el plano académico, ha dirigido 9 tesis doctorales, es coordinador del Máster en Investigación en Actividad Física y Deporte y cuenta con una amplia experiencia docente en grados y posgrados nacionales e internacionales.

BREVE RESEÑA - SANTIAGO ALEJO RUIZ ALIAS

Santiago Alejo Ruiz Alias es Doctor en Biomedicina por la Universidad de Granada, donde obtuvo la máxima calificación con una tesis centrada en el análisis biomecánico y fisiológico de la influencia del calzado deportivo en el rendimiento del corredor. Su formación académica se complementa con un Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y dos másteres oficiales: en Investigación en Actividad Física y Deporte y en Formación del Profesorado en Educación Física.

Actualmente, es director del área de Ciencias del Deporte en el proyecto de investigación BioDM2, financiado por la Agencia Estatal de Investigación con más de un millón de euros. Este proyecto se centra en desarrollar estrategias personalizadas de ejercicio y nutrición para personas con diabetes tipo 2 mediante el uso de inteligencia artificial. Su línea de investigación principal abarca la optimización del rendimiento y el entrenamiento deportivo, con un enfoque en la monitorización y análisis de variables clave para la mejora del desempeño atlético.

Ha publicado 40 artículos científicos en revistas indexadas en JCR (37 de ellos en autoría preferente y 25 como primer autor), con un índice H de 6. Su producción científica se sitúa en destacadas revistas de Ciencias del Deporte, con una notable presencia en el ámbito de la resistencia y la biomecánica aplicada al rendimiento.

Además, ha participado en cuatro proyectos de investigación financiados por organismos como la Agencia Estatal de Investigación, el Consejo Superior de Deportes y la Universidad de Granada. En el ámbito docente, ha impartido más de 200 horas de formación en grado y posgrado. Asimismo, ha dirigido múltiples trabajos de fin de grado y máster y ha asesorado a deportistas de alto nivel en la mejora de su rendimiento.

PREFACIO

El entrenamiento deportivo ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas, incorporando nuevos enfoques científicos y metodológicos para optimizar el rendimiento y la salud de los deportistas. Sin embargo, la especificidad del entrenamiento en la mujer sigue siendo un campo que requiere mayor desarrollo y consolidación. A pesar del creciente interés por el impacto de los factores fisiológicos, hormonales y biomecánicos en el rendimiento femenino, la literatura científica y las pautas prácticas aún presentan vacíos que limitan la aplicación de estrategias efectivas y adaptadas a las necesidades de las mujeres en diferentes etapas de su vida.

Este libro nace con la intención de aportar evidencia y conocimientos actualizados sobre el entrenamiento en la mujer, abordando aspectos clave como las variaciones hormonales a lo largo del ciclo menstrual, la etapa de la adolescencia, la menopausia y las particularidades del entrenamiento de fuerza y del rendimiento deportivo en poblaciones femeninas. Conscientes de la necesidad de ofrecer recursos fundamentados y aplicables, hemos reunido a un grupo de profesionales e investigadores especializados en distintas áreas del entrenamiento y la salud, con el propósito de generar un documento que sirva tanto a entrenadores, docentes y profesionales de la actividad física, como a estudiantes y deportistas.

La coordinación de esta obra ha sido un esfuerzo colectivo en el que hemos tratado de garantizar la coherencia entre los capítulos, facilitando una estructura que permita a los lectores comprender la progresión del conocimiento sobre el entrenamiento en mujeres. Cada capítulo ha sido desarrollado por especialistas en su ámbito, integrando la más reciente literatura científica y experiencias profesionales en la materia. Desde la evaluación de la actividad física hasta la monitorización del rendimiento en función del ciclo menstrual, pasando por el impacto de los anticonceptivos en el rendimiento, este libro pretende convertirse en una referencia dentro del ámbito de las ciencias del deporte.

Este trabajo se enmarca en el PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE, desarrollado dentro de la asignatura “Evaluación y Control del Entrenamiento Deportivo” en la Universidad de Granada. Ha sido financiado por el Vicerrectorado de Calidad, Innovación Docente y Estudios de Grado, dentro de la convocatoria del Plan AcademiaUGR 2024-25, bajo el código 24-42 y con el título “WOMEN & TRAINING: de la teoría a la práctica. Experiencias profesionales sobre entrenamiento con mujeres”. Agradecemos profundamente el apoyo institucional recibido, sin el cual este libro no habría sido posible.

Esperamos que esta obra sirva de guía y referencia para todos aquellos interesados en comprender mejor el entrenamiento en mujeres y aplicar estrategias basadas en la evidencia para mejorar la práctica deportiva.

Felipe García Pinillos y Santiago Alejo Ruiz Alias
Editores

CAPÍTULO 1

LA MUJER EN LA SOCIEDAD Y EN EL DEPORTE: EVOLUCIÓN, DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS ACTUALES

Autores:
Felipe García Pinillos
Santiago A. Ruiz Alias
Iván Fernández Navarrete
Leonardo Riquelme Sebastián

1. Introducción.

En la actualidad, el rol de la mujer en la sociedad y, por extensión, en el ámbito deportivo, constituye un tema de gran interés social, académico y político. A pesar de los importantes avances logrados en términos de visibilización, participación y reconocimiento, aún persisten desafíos que requieren atención desde múltiples perspectivas, incluyendo la educación, la gestión institucional, la práctica profesional y la investigación científica.

Este capítulo ofrece una revisión de la literatura científica reciente sobre el papel de la mujer en el deporte y su relación con los condicionantes sociales y de género.

2. Demografía y presencia femenina global.

Según los datos más recientes publicados por la División de Población de las Naciones Unidas (2023), la población mundial ha superado los 8.000 millones de habitantes. De ellos, aproximadamente el 49,7 % son mujeres, lo que equivale a más de 3.970 millones de personas. Este dato refleja no solo la importancia numérica de las mujeres en el conjunto de la sociedad, sino también su potencial transformador en todos los ámbitos de participación, incluido el deportivo.

No obstante, esta presencia cuantitativa no siempre se traduce en una participación proporcional en los espacios de decisión, influencia o representación, especialmente en entornos tradicionalmente masculinizados como el deporte de alto rendimiento o la gestión deportiva.

3. Participación deportiva femenina: avances y barreras.

La literatura científica muestra un crecimiento progresivo en la participación de las mujeres en la actividad física y el deporte a lo largo del siglo XXI. Sin embargo, esta evolución presenta diferencias significativas por edad, contexto socioeconómico y nivel competitivo.

En una revisión sistemática realizada por Adriaanse y Schofield (1), se evidenció que, aunque la participación femenina en el deporte ha aumentado, las mujeres continúan enfrentando barreras significativas, especialmente en lo que respecta a su visibilidad, su profesionalización y su acceso a recursos comparables a los de los hombres en el mismo entorno deportivo.

Asimismo, un estudio de Teetzel (2) subraya que las normas culturales, los estereotipos de género y la falta de políticas activas con enfoque de igualdad limitan el acceso sostenido de las mujeres al deporte competitivo, generando un fenómeno de "deserción temprana" que afecta especialmente a las adolescentes.

4. Liderazgo femenino y representación institucional.

El acceso de la mujer a puestos de liderazgo dentro del sistema deportivo continúa siendo limitado, tanto en contextos nacionales como internacionales. Adriaanse (3), en un

análisis de la gobernanza deportiva, señaló que las mujeres representan una proporción muy reducida en los órganos de decisión de las federaciones deportivas y comités olímpicos, con cifras que oscilan entre el 10 % y el 20 % dependiendo del país y del deporte analizado.

Esta subrepresentación tiene efectos directos sobre las políticas y prioridades de las organizaciones deportivas, ya que la ausencia de voces femeninas limita la perspectiva de género en la toma de decisiones, la planificación de programas y la distribución de recursos.

5. El abandono deportivo en niñas y adolescentes.

Diversos estudios han analizado el fenómeno del abandono deportivo en mujeres jóvenes, identificando una serie de factores psicosociales, culturales y estructurales. Según Knight et al. (4), las adolescentes abandonan la práctica deportiva a tasas significativamente superiores a las de sus pares varones, lo cual ha sido atribuido a la falta de modelos femeninos, escasa adaptación de los programas deportivos a sus necesidades y presiones sociales relacionadas con la imagen corporal y los roles de género.

Este abandono temprano tiene consecuencias no solo a nivel deportivo, sino también en términos de salud física y bienestar emocional, limitando la consolidación de hábitos de vida activos y saludables a lo largo del ciclo vital.

6. Desigualdad estructural en el deporte internacional.

Un estudio reciente de Schaillée et al. (5), publicado en Sport, Education and Society, analizó la participación de mujeres en competiciones atléticas internacionales y su relación con los índices de desigualdad de género en los países de origen. Los resultados evidencian que aquellos países con mayores niveles de equidad presentan también una mayor representación femenina en el deporte internacional, lo que sugiere una estrecha vinculación entre los contextos sociopolíticos y la oportunidad real de acceso de las mujeres al deporte de élite.

Este fenómeno también ha sido descrito por Elling y Knoppers (6), quienes plantean que la práctica deportiva refleja las estructuras de poder y cultura dominantes de cada sociedad, siendo el deporte una plataforma tanto de reproducción como de transformación social.

7. Miradas emergentes desde la investigación.

En los últimos años, la investigación científica ha incorporado con mayor frecuencia el enfoque de género al análisis de fenómenos deportivos. Estudios de revisión como el de Burton (7) o el de Carson et al. (8), han puesto de manifiesto la necesidad de construir una epistemología del deporte más inclusiva, que reconozca las particularidades de la experiencia femenina y promueva entornos más equitativos desde las etapas formativas hasta el deporte de rendimiento y la gestión organizacional.

Autores como Scraton y Flintoff (9) también han señalado la importancia de repensar los modelos tradicionales de entrenamiento y evaluación del rendimiento, que históricamente han sido diseñados con base en la fisiología masculina, para incluir variables como el ciclo menstrual, el embarazo o la menopausia, aspectos centrales en la planificación del entrenamiento en mujeres.

8. Conclusiones

La evidencia científica respalda la idea de que el deporte, lejos de ser un espacio neutral, está profundamente condicionado por factores sociales, culturales y de género. A pesar de los avances conseguidos, las mujeres continúan enfrentando barreras para participar, progresar y liderar en el ámbito deportivo. Estas barreras no son solo individuales, sino que están arraigadas en estructuras institucionales y patrones socioculturales que deben ser cuestionados y transformados.

La construcción de conocimiento específico sobre el entrenamiento en mujeres, como el que plantea este libro, resulta fundamental para avanzar hacia una práctica deportiva más justa, inclusiva y basada en la evidencia. Desde el ámbito académico y profesional, es urgente seguir promoviendo investigaciones que visibilicen estas realidades y propongan soluciones contextualizadas que beneficien a todas las personas, sin distinción de género.

Bibliografía.

1. Adriaanse, J. A., & Schofield, T. (2014). The impact of gender quotas on gender equality in sport governance. Journal of Sport Management, 28(5), 485–497.
2. Teetzel, S. (2020). Allyship in elite women's sport. Sport, Ethics and Philosophy, 14(4), 432-448.
3. Adriaanse, J. A. (2016). Gender diversity in the governance of sport associations: The Sydney Scoreboard Global Index of participation. Journal of Business Ethics, 137(1), 149–160.
4. Knight, C. J., Harwood, C. G., & Gould, D. (2018). Sport psychology for young athletes. New York, NY: Routledge.
5. Schaillée, H., Derom, I., Solenes, O., Straume, S., Burgess, B., Jones, V., & Renfree, G. (2021). Gender inequality in sport: Perceptions and experiences of generation Z. *Sport, Education and Society*, *26*(9), 1011-1025.
6. Elling, A., & Knoppers, A. (2005). Sport, gender and ethnicity: Practices of symbolic inclusion/exclusion. Journal of Youth and Adolescence, 34(3), 257–268.
7. Burton, L. J. (2015). Underrepresentation of women in sport leadership: A review of research. Sport Management Review, 18(2), 155–165.
8. Carson, F., McCormack, C., & Walsh, J. (2018). Women in sport coaching: Challenges, stress and wellbeing. ACTIVE: journal of physical education, sport, health and recreation, 7(2), 63-67.
9. Scraton, S., & Flintoff, A. (2002). Sport feminism: The contribution of feminist thought to our understandings of gender and sport. Gender and sport: A reader, 30-46.

CAPÍTULO 2

ENTRENAMIENTO DE LA MUJER A LO LARGO DEL CICLO VITAL: NIÑEZ Y ADOLESCENCIA

Autores:
Leonardo Riquelme Sebastián
Rodrigo Fernández Escabias
Ignacio Valdivia Fernández
Alberto Millán Martín
Agustín Gallardo Lozano

2. Introducción.

En este capítulo se desarrolla una visión del entrenamiento de la mujer a lo largo de su primera parte del ciclo vital. Primeramente, se clasifican y se explican brevemente las distintas etapas de la vida por las que pasa el cuerpo femenino en este período. Después de esto, se referenciarán los cambios que provoca la actividad física (AF) en las mujeres, se hace una comparación entre sexos y, finalmente, se establece una conclusión sobre todos los apartados correspondientes.

Para establecer una clasificación generalizada de las etapas de la vida, utilizaremos los baremos para la edad publicados por la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos (institución que gestiona la base de datos "Pubmed"), donde segregaremos los siguientes grupos de edad:

- "Niñez": para las mujeres con edades comprendidas entre 0 y 12 años. Individualmente, se consideran las mujeres que no hayan tenido la primera menstruación.
- "Adolescencia": para las mujeres con edades comprendidas entre 13 y 18 años. Individualmente se consideran las mujeres menores de 19 años sin haber estado embarazadas.
- "Juventud": para las mujeres con edades comprendidas entre 19 y 24 años. Individualmente se consideran las mujeres menores de 25 años sin haber estado embarazadas.

3. Niñez.

2.1. Generalidades.

En el contexto biológico, la niñez o infancia abarca desde el nacimiento hasta la pubertad, que, en el caso de las niñas, se marca generalmente con la primera menstruación, alrededor de los 12 años.

La actividad física (AF) comienza a cobrar importancia desde los primeros días de vida. Durante el embarazo, se recomienda realizar ejercicios aeróbicos de intensidad media durante 150 minutos a la semana (1). También se toleran ejercicios de alta intensidad (2), siempre enfocados en facilitar el embarazo y evitar problemas relacionados con la movilidad de la pelvis y la diástasis postparto.

Tras el embarazo, se continúa con los ejercicios postparto para la madre y se entra en el periodo de lactancia para el bebé. En esta etapa, la alimentación materna juega un papel crucial para la calidad de la leche y, por ende, para el crecimiento y la salud del bebé. La cantidad y calidad de la leche materna, así como la complementación con alimentos externos, son factores determinantes en esta fase.

En la niñez temprana, los niños realizan actividad física principalmente a través del juego, lo que les permite desarrollar habilidades motrices básicas. Esta etapa marca el inicio de la actividad física en las niñas. En la niñez media y la preadolescencia, la actividad física se empieza a practicar de forma más estructurada, principalmente a través del deporte.

Durante esta fase, los niños intentan aplicar las habilidades motrices básicas en actividades deportivas, lo que les permite desarrollar habilidades espacio-temporales debido a la interacción con un objeto (como pelota, volante, disco, etc.), la cooperación-oposición y la competición en las distintas modalidades.

En la adolescencia, se produce una segregación de los grupos. Algunos adolescentes profundizan en la actividad física y el deporte, mientras que otros reducen su nivel de actividad. La mayor diferencia en esta etapa, en comparación con la niñez, radica en los cambios hormonales, físicos, psicológicos y sociales que experimentan los adolescentes. Estos cambios marcan una etapa de inflexión y madurez en el desarrollo de sus habilidades motrices.

Finalmente, en la juventud o en los jóvenes adultos, el nivel de actividad física depende del interés individual. Algunas personas realizan actividad física de manera recreativa, otras se enfocan en el deporte amateur o competitivo, otras lo hacen de forma educativa, y algunas lo practican por prescripción médica.

2.2. Desarrollo prenatal.

Los beneficios de la AF durante el embarazo están ampliamente documentados. Estos incluyen menores complicaciones en el parto y beneficios para la salud maternal, como la disminución del riesgo de preeclampsia, hipertensión gestacional, diabetes gestacional, cesárea, parto instrumental, incontinencia urinaria, aumento excesivo de peso gestacional y depresión. También se observa una mejora en la glucemia, disminución del aumento total de peso gestacional, y una reducción de la gravedad de los síntomas depresivos y del dolor lumbo-pélvico (3). Además, se han registrado beneficios en la salud psicológica de la madre (4).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que las mujeres embarazadas realicen 150 minutos de actividad aeróbica por semana. Sin embargo, también se ha comprobado que el ejercicio de fuerza tiene efectos positivos, como el incremento del gasto energético en el bebé neonato, lo que probablemente reduce la ganancia de adiposidad infantil (5). Además, es fundamental prestar especial atención a los ejercicios de suelo pélvico para contrarrestar la incontinencia urinaria (6).

A pesar de los múltiples beneficios mencionados, se señala que menos del 30% de las mujeres embarazadas cumplen con las recomendaciones de actividad física (7). Esto subraya la necesidad de promover la actividad física entre las mujeres embarazadas para asegurar que los beneficios se transmitan también a los recién nacidos.

2.3. Desarrollo postnatal (hasta los 2 años).

Los niños neonatos dependen directamente de la cantidad y calidad de la leche materna ingerida para su crecimiento (8, 9). En los primeros 6 meses, se recomienda la exclusividad de la leche materna, y después de este período, la leche materna debe complementarse con distintos alimentos (10). La ingesta parcial de leche materna después de la lactancia proporciona las proteínas más necesarias para el infante, lo cual está directamente relacionado con su crecimiento en términos de peso y altura (11).

La AF durante el embarazo, junto con la calidad y cantidad de la leche materna, ha demostrado inducir una disminución en el riesgo de obesidad infantil. Según el informe de la OMS sobre Obesidad y Sobrepeso publicado en 2024, la AF en los primeros pasos de la vida contribuye a un aumento del gasto energético y reduce la ganancia de adiposidad infantil (5, 8, 9, 12).

En cuanto a la salud de la madre, se recomienda volver progresivamente a una dieta normalizada y equilibrada, junto con la realización de ejercicios abdominales para reducir la diástasis producida durante el embarazo (6, 13). AF en infantes y niñez temprana (hasta los 5 años).

Durante la niñez temprana, la AF se caracteriza por ser espontánea y basada en el juego. En esta etapa, los niños desarrollan habilidades motoras básicas como correr, saltar, lanzar y atrapar, lo que contribuye al fortalecimiento muscular y óseo, así como al desarrollo del equilibrio y la coordinación.

La OMS recomienda que los niños en este rango de edad realicen al menos 180 minutos diarios de AF de cualquier intensidad, lo que incluye juegos no estructurados como carreras y juegos de persecución (14).

La AF en esta etapa también fomenta el desarrollo social, ya que los niños aprenden a interactuar y compartir a través de actividades grupales. Además, se relaciona con un mejor desarrollo cognitivo y emocional, sentando las bases para un estilo de vida activo en el futuro (15).

2.4. AF en niñez media y preadolescencia (hasta los 12 años).

En esta etapa, los niños empiezan a participar en actividades físicas más estructuradas, como deportes organizados, educación física escolar y entrenamientos específicos.

Según la OMS, los niños de 5 a 12 años deberían: (i) realizar al menos 60 minutos diarios de AF moderada a vigorosa, (ii) incluir actividades vigorosas que fortalezcan músculos y huesos al menos 3 días por semana (14).

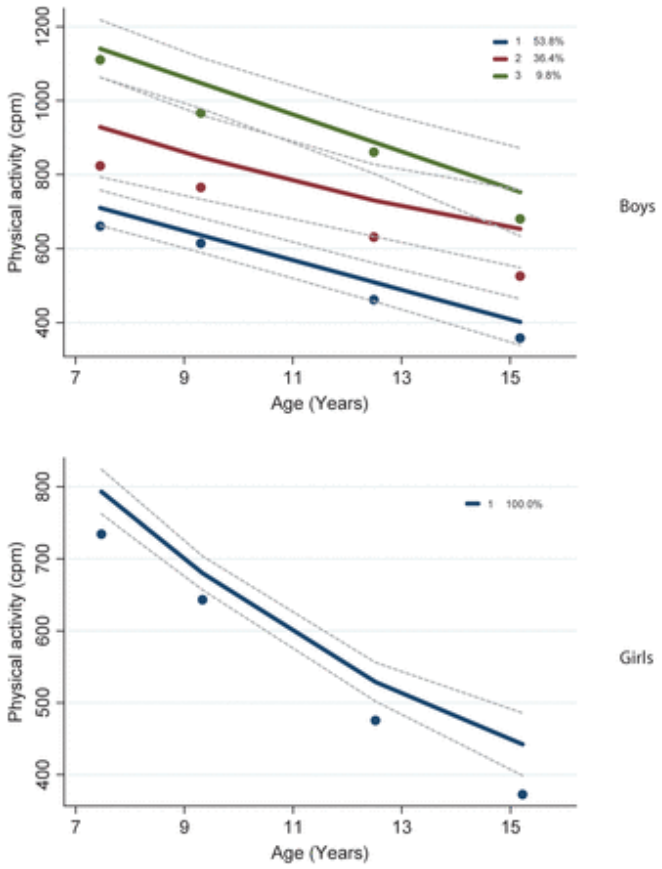

Figura 1. Cambios en la actividad física total en chicos (1A) y chicas (1B) basado en un análisis de trayectorias (Tomado de Farooq et al., 2018) (16).

Estas recomendaciones buscan no solo prevenir el sedentarismo, sino también fomentar el desarrollo integral de las capacidades físicas del niño. Entre los beneficios de realizar AF en esta etapa encontramos:

a) Beneficios físicos:

- Fortalecimiento del sistema musculoesquelético: La AF regular mejora la densidad ósea y la fuerza muscular, disminuyendo el riesgo de osteoporosis y fracturas en etapas posteriores de la vida (17).
- Mejora de la capacidad cardiovascular: Los ejercicios aeróbicos, como correr y nadar, fortalecen el corazón y los pulmones, contribuyendo a una mejor resistencia física (14).
- Prevención de obesidad: La AF ayuda a mantener un equilibrio energético, reduciendo el riesgo de obesidad y enfermedades relacionadas, como la diabetes mellitus tipo 2 (14).

b) Beneficios psicológicos:

- Impacto positivo en la salud mental: La AF está asociada con menores niveles de ansiedad y depresión. A través de la liberación de endorfinas, mejora el estado de ánimo y reduce el estrés (15).
- Rendimiento académico: La AF incrementa el flujo sanguíneo al cerebro, lo que mejora la atención, la memoria y las habilidades de aprendizaje. Los niños

físicamente activos tienden a desempeñarse mejor en tareas cognitivas complejas (15).

c) Beneficios sociales:

- Habilidades interpersonales: Participar en deportes en equipo y actividades grupales fomenta el trabajo en equipo, la cooperación y el liderazgo.
- Construcción de autoestima: La superación de desafíos físicos y el reconocimiento por logros deportivos contribuyen a una imagen positiva de sí mismos.

Además, las diferentes orientaciones que se le puede dar a la AF nos permiten tratarla desde un ámbito multidisciplinar, como, por ejemplo:

- Regulada: de esta manera los niños realizan AF de manera estructurada, a través de los deportes regulados (fútbol, baloncesto, natación, gimnasia, etc.), donde organizan eventos de competición o donde pueden demostrar las habilidades adquiridas con la práctica.
- Educativa: este tipo de AF combina los deportes estructurados y los juegos no estructurados, se da en las escuelas y es a través de juegos y deportes cómo los niños aprenden a profundizar en la AF, desarrollando las habilidades motrices.
- Social: es la AF no estructurada que es empleada a través de juegos, los niños con un motivo recreacional y en un contexto social, realizan AF a través de juegos no regulados.

La promoción a largo plazo de la adherencia a la AF en los niños se puede hacer a través de programas dinámicos y actividades recreativas en el entorno escolar y el entorno familiar. Los niños durante esta etapa consolidan los hábitos de AF. Estos hábitos pueden prevenir enfermedades crónicas en la adultez, como enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 y obesidad. Además, contribuye al desarrollo de competencias sociales y emocionales que tienen un impacto positivo en el futuro del niño.

3. Adolescencia.

Biológicamente hablando, la adolescencia es el proceso biológico que transforma a una niña en una mujer adulta capaz de reproducirse. Comienza con la primera menstruación y termina en torno a los 18 años.

3.1. Generalidades.

La adolescencia femenina es una etapa crucial del desarrollo humano caracterizada por profundos cambios físicos, hormonales y psicológicos que sientan las bases para la adultez. Estos procesos son complejos y están mediados por factores biológicos, sociales y ambientales, con variaciones significativas en su manifestación entre individuos. Este punto aborda los principales cambios que experimentan las adolescentes, basándose en la evidencia científica disponible.

3.2. Cambios físicos.

Uno de los hitos más notables durante la adolescencia femenina es el crecimiento puberal, que incluye un incremento acelerado en la talla y el peso, así como el desarrollo de características sexuales secundarias. Este proceso, mediado por el eje hipotalámico-hipofisario-gonadal, suele comenzar con la telarquia (inicio del desarrollo mamario) y culmina con la menarquia (primera menstruación) (18-20).

Además, en esta etapa, se produce un aumento significativo del porcentaje de grasa corporal, especialmente en áreas como las caderas y los muslos, lo que diferencia a las mujeres de los hombres en términos de composición corporal. Estudios longitudinales han demostrado que las niñas alcanzan un promedio del 27 % de grasa corporal poco después de la menarquia, acompañado por un incremento en los niveles de leptina, una hormona clave en la regulación del metabolismo y el inicio de la pubertad (18).

Adicionalmente, los cambios en la maduración ósea y la densidad mineral son esenciales para preparar el cuerpo para las exigencias físicas de la adultez. En base a esto, factores como el índice de masa corporal (IMC) presentan implicaciones importantes en el desarrollo físico y reproductivo. Por ejemplo, un IMC elevado se asocia con ciclos menstruales irregulares y síntomas premenstruales más severos, mientras que un IMC bajo puede retrasar el inicio de la menarquia (21).

3.3. Cambios hormonales.

La adolescencia está mediada por un incremento en la secreción de gonadotropinas, como la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que estimulan la producción de estrógenos y progesterona en los ovarios. Estas hormonas no solo son responsables del desarrollo de características sexuales secundarias, sino también de la regulación del ciclo menstrual y de cambios en el cerebro relacionados con la plasticidad neuronal (18, 20, 22).

Por otro lado, la leptina desempeña un papel crucial, actuando como un regulador energético que influye en el inicio de la pubertad. Se ha observado que los niveles de leptina aumentan significativamente justo antes de la menarquia, lo que sugiere su importancia en el establecimiento de la función reproductiva (18, 19).

Además de las gonadotropinas y la leptina, otras hormonas, como el cortisol, también juegan un rol importante durante esta etapa, ya que están relacionadas con la respuesta al estrés y la regulación emocional. Los cambios en el sistema endocrino pueden explicar las fluctuaciones emocionales comunes durante la adolescencia, destacando la interacción entre los sistemas biológicos y psicológicos (20, 21).

3.4. Cambios psicológicos.

La adolescencia femenina está marcada por una reorganización cerebral significativa, que incluye tanto procesos de mielinización como de poda sináptica, particularmente en áreas asociadas con la regulación emocional y la toma de decisiones. Estas transformaciones contribuyen a la maduración cognitiva, pero también pueden aumentar la vulnerabilidad a trastornos emocionales como la ansiedad y la depresión (23).

El inicio de la menstruación puede generar una variedad de respuestas emocionales, que van desde la ansiedad hasta la vergüenza, especialmente en contextos donde la

menstruación sigue siendo un tema tabú. Un estudio cualitativo destacó que muchas adolescentes enfrentan esta transición con temor y desinformación, lo que resalta la necesidad de una educación integral en salud reproductiva (22).

Por otro lado, la percepción del cuerpo cambia significativamente durante esta etapa. Las adolescentes suelen desarrollar una mayor preocupación por su apariencia física, lo que puede llevar a problemas como la insatisfacción corporal o los trastornos alimentarios. Estos problemas están influenciados tanto por los cambios biológicos como por las expectativas culturales y sociales (22, 23).

3.5. Impacto sociocultural.

Los cambios sociales y culturales también influyen en la experiencia de la adolescencia. En comunidades donde la menstruación y la pubertad son temas abiertos, las adolescentes tienden a sentirse más apoyadas y seguras. Por el contrario, en contextos donde prevalecen los estigmas, es más probable que las jóvenes enfrenten desafíos emocionales adicionales, como vergüenza o aislamiento (22, 23).

Además, el apoyo familiar y educativo es fundamental para mitigar los efectos negativos de esta etapa. Programas de educación sexual y emocional pueden mejorar significativamente la preparación de las adolescentes para enfrentar los cambios de la pubertad, fortaleciendo su confianza y bienestar general (22, 23).

La promoción de un entorno educativo y social positivo, junto con el acceso a recursos de salud mental y reproductiva, es esencial para garantizar una transición exitosa hacia la adultez.

En resumen, la adolescencia femenina es un periodo de cambios multifacéticos que requiere un enfoque integral para comprender y apoyar el desarrollo saludable de las jóvenes. Los cambios físicos, hormonales y psicológicos están profundamente interconectados, y su manejo adecuado puede tener un impacto significativo en la salud y el bienestar a largo plazo.

3.6. Ciclo menstrual

El ciclo menstrual es un proceso fisiológico complejo que afecta a las mujeres en edad reproductiva y tiene implicaciones significativas en el rendimiento físico, las adaptaciones al entrenamiento y la salud general. Durante la adolescencia, etapa caracterizada por un desarrollo hormonal y físico acelerado, el impacto del ciclo menstrual se amplifica debido a la interacción de factores biológicos, psicológicos y sociales. Este capítulo aborda cómo las fases del ciclo menstrual afectan el rendimiento y el entrenamiento, explora las respuestas fisiológicas relacionadas y detalla los desafíos específicos de la tríada de la atleta femenina.

El ciclo menstrual se divide en la fase folicular, ovulatoria y lútea, cada una con características hormonales y fisiológicas distintivas. Estos cambios influyen en el rendimiento y en las adaptaciones al entrenamiento de las atletas adolescentes (24-26).

- Fase folicular: Durante esta fase, los niveles de estrógeno comienzan a aumentar, alcanzando su punto máximo antes de la ovulación. Se ha observado que el

incremento del estrógeno mejora la regeneración muscular y la captación de glucosa en el músculo esquelético, favoreciendo la realización de actividades de resistencia y entrenamiento de fuerza (3). Sin embargo, los niveles bajos de progesterona en esta fase también pueden influir en una mayor laxitud ligamentosa, aumentando el riesgo de lesiones (27).

- Fase ovulatoria: Este periodo está caracterizado por un aumento agudo de la LH y la ovulación. Si bien algunos estudios han identificado un ligero aumento en el rendimiento anaeróbico y de fuerza, esta fase también se asocia con mayores fluctuaciones hormonales que pueden provocar cambios en el estado de ánimo y la percepción del esfuerzo (23).
- Fase lútea: En esta fase, los niveles elevados de estrógeno y progesterona pueden afectar negativamente el rendimiento de resistencia, debido al aumento de la temperatura corporal basal y la mayor dependencia de los lípidos como fuente de energía, en detrimento de los carbohidratos. La fatiga percibida y las dificultades para mantener un alto nivel de esfuerzo también son comunes durante esta fase (23).

Los cambios hormonales cíclicos no solo influyen en el rendimiento físico agudo, sino también en las adaptaciones al entrenamiento. El estrógeno, por ejemplo, tiene propiedades antiinflamatorias y anabólicas que pueden favorecer la recuperación muscular y la hipertrofia, mientras que la progesterona puede contrarrestar estos efectos al actuar como un agente catabólico (18-20).

Además, la distribución de macronutrientes y el metabolismo energético también varían según la fase del ciclo. Durante la fase folicular, el cuerpo tiende a utilizar más carbohidratos como fuente principal de energía, mientras que, en la fase lútea, la oxidación de lípidos aumenta. Estas diferencias pueden orientar estrategias de entrenamiento específicas, como priorizar ejercicios de alta intensidad en la fase folicular y actividades de resistencia moderada en la fase lútea.

El ciclo menstrual también tiene implicaciones psicológicas que pueden afectar la motivación, la confianza y el rendimiento en el deporte. Las atletas adolescentes enfrentan desafíos adicionales debido a la falta de comunicación sobre el ciclo menstrual en entornos deportivos, lo que a menudo contribuye a la falta de estrategias personalizadas para maximizar el rendimiento. Una educación adecuada y la integración del ciclo menstrual en la planificación del entrenamiento pueden mejorar tanto el rendimiento como el bienestar general de las deportistas (23).

3.7. La tríada de la atleta femenina.

La tríada de la atleta femenina es un síndrome multifactorial que afecta a mujeres deportistas e incluye tres componentes principales: baja disponibilidad energética, disfunción menstrual y disminución de la densidad mineral ósea. Este trastorno es particularmente prevalente en deportes que enfatizan la estética o la delgadez, como la gimnasia y el ballet, pero también puede observarse en deportes de resistencia (24, 25). A continuación, se detallan sus características:

- Baja disponibilidad energética (BAE): La BAE ocurre cuando la ingesta calórica no es suficiente para cubrir las demandas energéticas del ejercicio y las funciones fisiológicas básicas. Esto puede deberse a una ingesta calórica reducida o a un gasto

energético elevado. En adolescentes, esta condición puede resultar en retrasos en el crecimiento y la maduración sexual, además de comprometer el rendimiento atlético (24).

- Disfunción menstrual: La amenorrea funcional hipotalámica, causada por la supresión del eje hipotalámico-hipofisario-gonadal, es la manifestación más común de la disfunción menstrual en la tríada. Este estado se asocia con niveles bajos de leptina y un aumento en la producción de cortisol, lo que a su vez altera la secreción de gonadotropinas y reduce la producción de estrógenos (20). La disfunción menstrual no solo afecta la fertilidad, sino que también tiene implicaciones negativas en la salud ósea.

- Densidad mineral ósea reducida: La deficiencia de estrógenos y la baja disponibilidad energética contribuyen a una disminución en la densidad mineral ósea, lo que aumenta el riesgo de fracturas por estrés y osteoporosis a una edad temprana (24). En adolescentes, este problema es especialmente crítico, ya que el 90% de la densidad ósea máxima se adquiere antes de los 18 años.

La prevención de la tríada de la atleta femenina requiere un enfoque multidisciplinario que incluya la educación, la monitorización regular de los ciclos menstruales y la evaluación del estado nutricional. Las estrategias para mejorar la disponibilidad energética incluyen el aumento de la ingesta calórica y la reducción de la carga de entrenamiento, mientras que el tratamiento de la disfunción menstrual puede requerir intervenciones médicas como la terapia hormonal (24-26).

Además, es crucial involucrar a entrenadores, padres y personal médico en la identificación temprana de los síntomas y en la promoción de hábitos saludables. La educación sobre la relación entre la nutrición, el ciclo menstrual y el rendimiento puede empoderar a las atletas adolescentes y ayudar a prevenir las complicaciones a largo plazo (27-29).

3.8. Evaluación y control.

La evaluación y monitorización del entrenamiento son fundamentales para garantizar el desarrollo físico saludable y el rendimiento óptimo en jóvenes. Diversos métodos se emplean para medir la AF y la condición física, destacando las técnicas criterio, objetivas y subjetivas (30).

Las medidas criterio objetivas, como el agua doblemente marcada y la calorimetría indirecta, ofrecen precisión en el gasto energético total, pero son costosas y complejas. Las técnicas objetivas, como los acelerómetros y monitores de frecuencia cardíaca, son más prácticas y brindan datos detallados sobre la intensidad y frecuencia de la AF. No obstante, tienen limitaciones al evaluar ciertas actividades. Por último, los métodos subjetivos, como cuestionarios, son fáciles de administrar, pero dependen de la memoria del participante, lo que puede comprometer su precisión (30).

La batería ALPHA (Assessing Levels of Physical Activity) es un conjunto validado de pruebas diseñado para evaluar componentes clave de la condición física relacionados con la salud en jóvenes (31). Incluye el test de carrera de 20 metros para medir la aptitud cardiorrespiratoria, la fuerza de agarre manual y el salto horizontal para evaluar la fuerza musculoesquelética, y mediciones de IMC y circunferencia de cintura para determinar la composición corporal (31).

Estas pruebas destacan por su validez, confiabilidad y facilidad de aplicación en contextos escolares, permitiendo la evaluación simultánea de grandes grupos con recursos mínimos. Sin embargo, es esencial capacitar adecuadamente al personal para garantizar resultados fiables (31).

Además de la batería ALPHA, las niñas especializadas en ciertos deportes podrían evaluar su condición a través de test específicos de dichos deportes. Ningún estudio hasta la fecha ha evidenciado lo contrario.

4. Juventud.

La delimitación de la etapa que alberga la juventud es un aspecto cambiante (32,33). Esta varía entre diferentes países y regiones (32) y no se puede entender como algo rígido y preciso (33). La "Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura" (UNESCO) categoriza a las personas de entre 15 y 24 años como jóvenes (32), mientras que otros autores determinan que la adolescencia se dura únicamente hasta los 21 años (34,35). Ante esta controversia, dado a que la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos (institución que gestiona Pubmed), define a una persona como "adulta joven" cuando se encuentra entre los 19 y 24 años (36), y la búsqueda se centra principalmente en la base de datos Pubmed, se va a entender en este apartado como juventud a aquellos que se encuentran en el rango de edad entre los 19 y 24 años aproximadamente.

4.1. Generalidades.

En este apartado se va a tratar principalmente la influencia de la edad, sexo y nivel de AF sobre la condición física y parámetros de composición corporal en la juventud.

4.2. Masa ósea.

En la juventud, alrededor de los 20 a 25 años, aunque este proceso es más tardío en los hombres (37, 38), se alcanza el pico de masa ósea, que corresponde al máximo contenido y densidad de hueso (kg/cm²) (37-39). Este pico es significativamente mayor en los hombres que en las mujeres (37-41). A medida que envejecemos, la densidad ósea comienza a disminuir de manera constante, lo que lleva al deterioro de los huesos (37). En los hombres, la pérdida de densidad ósea es de aproximadamente un 0,5-1 % anual, y esta pérdida se acentúa a partir de los 50 años. En las mujeres, la disminución es de entre un 1-2 % hasta que, con el tiempo, alcanza el mismo ritmo de pérdida que en los hombres (37).

Sin embargo, la edad y el sexo no son los únicos factores que afectan los niveles de densidad ósea; el nivel de actividad física (AF) también juega un papel importante. Un nivel alto de actividad física está asociado con una mayor densidad ósea en comparación con niveles bajos (37, 39, 42). Específicamente, realizar actividad física diaria equivalente a ≥ 6 MET (equivalente metabólico de actividad) puede mejorar o mantener la densidad ósea (42).

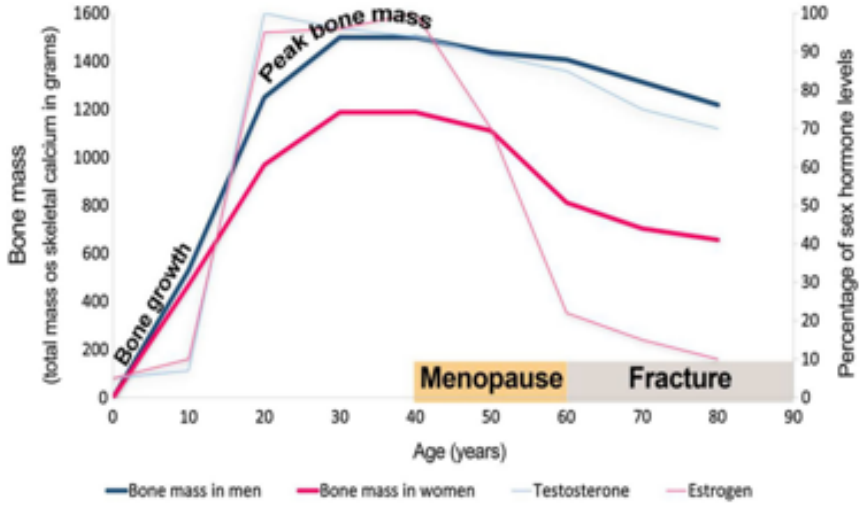

Figura 2. Representación de la línea de la vida de la masa ósea de hombres y mujeres, con una evolución de los niveles de testosterona en hombres y estrógenos en mujeres (Tomado de Ober et al., 2008) (43).

4.3. Masa magra.

Las mujeres jóvenes tienen una masa magra significativamente menor que los hombres jóvenes (41, 44). Sin embargo, los hombres tienden a perder aproximadamente un 1,5 % más de masa muscular que las mujeres (45). Dentro de este grupo de mujeres jóvenes, aquellas con una mayor densidad mineral ósea suelen tener, de manera significativa, una mayor masa magra, un índice de masa muscular más alto y una mayor masa muscular por región (extremidades superiores, inferiores y tronco) en comparación con aquellas con una densidad mineral ósea baja (41).

Las mujeres alcanzan el pico de masa magra alrededor de los 15-16 años (45). Después de esta etapa, durante la edad adulta (18 a 65 años) (46), comienza una disminución significativa de la masa magra (45). Debido a que la pérdida significativa de masa libre de grasa aumenta durante la vejez, se incrementa el riesgo de (i) sarcopenia, (ii) fragilidad y (iii) limitaciones funcionales (47, 48). Por ello, es importante destacar que el entrenamiento de fuerza puede reducir estas pérdidas de masa muscular en un 25 % (45).

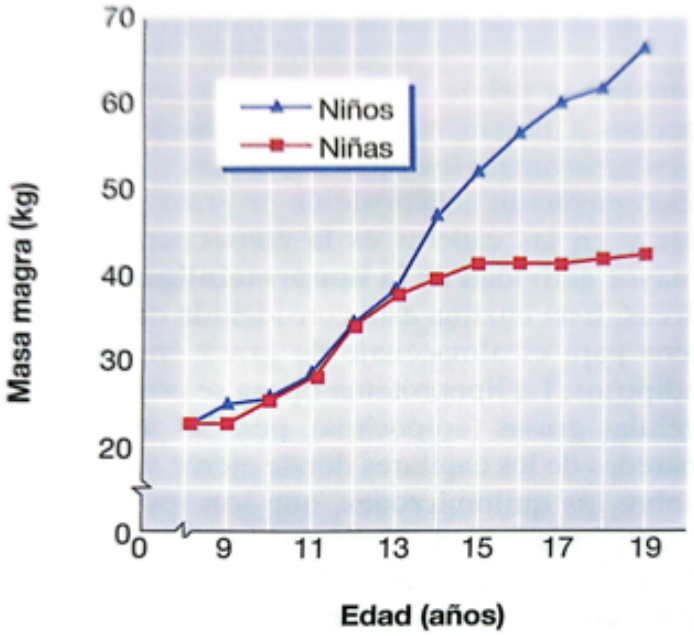

Figura 3. Diferencias entre los sexos de los cambios de la masa magra con la edad (Tomado de Forbes, 1972) (49).

4.4. Masa grasa.

La masa grasa tiende a ser menor en los hombres que en las mujeres, quienes, debido a influencias hormonales, principalmente acumulan esta masa en la región glúteo-femoral de forma subcutánea, es decir, en las capas más superficiales de la piel y a nivel periférico. Esta distribución de grasa está asociada con el perfil hormonal femenino, particularmente los niveles de estrógeno, y suele ser más pronunciada en mujeres en edad reproductiva. En contraste, los hombres tienden a almacenar la grasa principalmente en la región abdominal y visceral, lo que está relacionado con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas. La distribución de la masa grasa tiene implicaciones importantes para la salud, ya que la grasa subcutánea, en general, se considera menos riesgosa en términos de enfermedades cardiovasculares y metabólicas en comparación con la grasa visceral (47).

4.5. Condición cardiorrespiratoria.

Entre los factores que influyen en la capacidad cardiorrespiratoria se encuentran factores modificables, como la AF, el tiempo sedentario y la dieta, así como factores no modificables, como el sexo, la edad y la genética (50). De estos, la edad, el sexo y la actividad física son los más influyentes en los jóvenes (50). En cuanto a la edad, se alcanza el máximo consumo de oxígeno (VO2máx) entre los 18 y 25 años (juventud), y después de este pico, comienza a disminuir de manera gradual (45). En lo que respecta al sexo, los hombres presentan un VO2máx superior al de las mujeres, debido a factores como la función cardiovascular, los niveles hormonales y una mayor concentración de hemoglobina en la sangre (45). En cuanto a la actividad física, el ejercicio aumenta de manera considerable el VO2máx, ya que favorece adaptaciones en la estructura y funciones del sistema de transporte de oxígeno (50). Estudios han demostrado que las

mujeres jóvenes entrenadas tienen un VO2máx significativamente mayor que las no entrenadas (51, 52). Además, la evidencia sobre la efectividad del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) para mejorar la capacidad cardiorrespiratoria en jóvenes es creciente. Se ha comprobado que incluso pequeñas cantidades de HIIT, que inducen intensidades vigorosas, pueden producir mejoras notables en el VO2máx (53). De acuerdo con el estudio de Izumi Tabata y colaboradores, realizado con jóvenes de 22 a 24 años, los beneficios de HIIT superan los del ejercicio aeróbico continuo, además de inducir un mayor incremento en la capacidad anaeróbica (53).

Las mujeres en etapa fértil suelen presentar un déficit de hierro que oscila entre un 15% y un 35% (54), debido principalmente a la pérdida diaria de aproximadamente 1 miligramo de hierro durante el sangrado menstrual (55). El hierro es esencial para el transporte de oxígeno en el cuerpo, ya que forma parte de la hemoglobina, que facilita la oxigenación de los tejidos. Por lo tanto, niveles bajos de hierro en mujeres jóvenes, incluso en ausencia de anemia, pueden tener un impacto negativo en su rendimiento físico. En particular, se ha observado que la deficiencia de hierro reduce el VO2max, lo que indica una menor capacidad cardiorrespiratoria y, en consecuencia, un menor rendimiento en actividades que requieren un alto consumo de oxígeno (54, 55). Esta disminución en el rendimiento físico resalta la importancia de mantener niveles adecuados de hierro para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema cardiorrespiratorio.

4.6. Adaptaciones cardiocirculatorias al ejercicio.

Ante una misma carga absoluta, las mujeres responden con una mayor frecuencia cardíaca que los hombres. Esto se debe a que las mujeres tienen un volumen sistólico menor, aunque logran mantener un gasto cardíaco similar al de los hombres (45, 56). El menor volumen sistólico en las mujeres está relacionado con un tamaño cardíaco inferior en comparación con los hombres (45). Sin embargo, cuando se compara la carga relativa, tanto hombres como mujeres presentan una frecuencia cardíaca similar (56). A pesar de esto, el volumen sistólico y el gasto cardíaco siguen siendo menores en las mujeres, lo que nuevamente se atribuye al tamaño cardíaco reducido en ellas (45, 56). Este fenómeno subraya las diferencias fisiológicas entre géneros en cuanto a la función cardiovascular, aunque ambos logran un gasto cardíaco comparable a través de mecanismos compensatorios.

4.7. Recomendaciones.

Recomendaciones de Actividad Física y Comportamiento Sedentario para Mujeres Jóvenes: Un Análisis Basado en la OMS y Evidencias sobre Síntomas Premenstruales:

En la actualidad, no existen recomendaciones específicas de AF y tiempo sedentario para la población femenina joven. Por esta razón, en este apartado se abordarán las recomendaciones generales de la OMS para adultos sanos, descritas en 2020 (14), y se explorarán brevemente las evidencias sobre los niveles de AF y los síntomas premenstruales en mujeres jóvenes.

Recomendaciones de Actividad Física para Adultos Sanos:

La OMS, en sus pautas de actividad física para adultos sanos, sugiere que los adultos realicen al menos entre 150 y 300 minutos de AF de intensidad moderada por semana, o

entre 75 y 150 minutos de AF de intensidad vigorosa, o una combinación de ambos. Además, recomienda incluir al menos dos días de entrenamiento de fuerza muscular enfocados en los principales grupos musculares (46). Al seguir estas recomendaciones, se obtienen beneficios significativos para la salud, tales como:

- Reducción del riesgo de muerte por todas las causas.
- Disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares.
- Menor probabilidad de desarrollar diabetes tipo II.
- Mejora en la salud mental, entre otros (46).

La OMS también aclara que, aunque no se alcancen estos niveles, cualquier cantidad de AF es mejor que no hacer nada, y que superar estas recomendaciones aporta beneficios adicionales. Este enfoque enfatiza la importancia de incorporar actividad física de manera regular, incluso si no se alcanzan las metas ideales, para mantener y mejorar la salud general.

Recomendaciones sobre el Comportamiento Sedentario en Adultos Sanos:

En cuanto al comportamiento sedentario, la OMS señala la falta de suficiente evidencia sobre el tiempo específico de sedentarismo recomendado o la frecuencia y duración de los "breaks" activos. Sin embargo, se recomienda reducir el tiempo sedentario reemplazándolo por cualquier tipo de actividad física, independientemente de su intensidad. Este cambio de hábitos puede reducir significativamente varios riesgos de salud, tales como:

- Riesgo de muerte por todas las causas.
- Riesgo de muerte cardiovascular.
- Incidencia de cáncer, entre otros (46).

Además, según un artículo de Ekelund y colaboradores, los niveles altos de AF (≥ 35 MET-h/semana) pueden reducir significativamente el riesgo de mortalidad asociado con estar sentado más de 8 horas al día (57). Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar períodos de actividad física a lo largo del día para mitigar los efectos negativos del sedentarismo.

Relación entre los Niveles de Actividad Física y los Síntomas Premenstruales:

Por último, en relación a los efectos de la actividad física sobre los síntomas premenstruales, diversos estudios han investigado cómo los niveles de AF pueden influir en las molestias experimentadas por las mujeres jóvenes. Los estudios de Quintana-Zinn et al. y Kawabe et al., centrados en mujeres jóvenes de entre 19 y 24 años, concluyen que la AF tiene una relación inversamente proporcional con los síntomas físicos del síndrome premenstrual, tales como dolor lumbar y abdominal (58, 59). Específicamente, el estudio transversal de Quintana-Zinn y colaboradores señala que niveles más altos de AF están asociados con una menor intensidad de estos síntomas físicos, mientras que Kawabe y sus colaboradores observan que las mujeres jóvenes que alcanzan ≥ 3000 MET-minutos/semana presentan una reducción significativa en todos los síntomas premenstruales, incluyendo los síntomas psicológicos, en comparación con aquellas que realizan menos de 3000 MET-minutos/semana.

Estos resultados sugieren que un estilo de vida activo puede contribuir de manera notable a la reducción de los síntomas premenstruales, promoviendo un bienestar general y una mayor calidad de vida en las mujeres jóvenes. A medida que la investigación sobre este tema continúa, se destacan los beneficios de una AF adecuada no solo para la salud física, sino también para la gestión de los síntomas relacionados con el ciclo menstrual.

En conclusión, aunque las recomendaciones específicas para mujeres jóvenes aún son limitadas, las pautas generales de la OMS sobre actividad física y comportamiento sedentario ofrecen una base sólida para promover la salud. Además, la evidencia emergente resalta la importancia de la AF tanto para la prevención de problemas de salud a largo plazo como para la gestión de los síntomas premenstruales en mujeres jóvenes.

4.8. Evaluación y control.

Evaluación de la Condición Física en la Juventud. Estrategias para la Salud General y el Rendimiento Deportivo:

La evaluación de la condición física relacionada con la salud en la juventud difiere significativamente de la realizada en la niñez y adolescencia. Mientras que en estas etapas se utilizan una serie de tests estandarizados, en la juventud, debido a la falta de una batería de tests específicos y validados para esta población, se emplean herramientas y baterías que han mostrado ser efectivas en la medición de diferentes dimensiones de la condición física.

Evaluación de la Condición Física General:

Para evaluar la condición física general de una joven, se recurre a la batería de tests Adult-Fit (60), que abarca varios aspectos clave de la salud física. Esta batería se complementa con las últimas evidencias y aportes de la tesis doctoral de Jiménez, Castro-Piñero y Cuenca-García (61), los cuales ofrecen una base más sólida y actualizada para evaluar la condición física. Los aspectos evaluados incluyen:

- Condición Cardiorrespiratoria: Para medir la capacidad cardiorrespiratoria, se utilizan pruebas como el 20m shuttle run test (prueba de carrera de ida y vuelta), el 2-km walk test (prueba de caminata de 2 km), el 6-minute walk test (prueba de caminata de 6 minutos) y el YMCA step test. Estos tests permiten evaluar el VO2max y la eficiencia del sistema cardiovascular.
- Condición Musculoesquelética: En este aspecto, se emplean el test de prensión manual, que evalúa la fuerza de agarre, y el Biering-Sorensen test, utilizado para medir la resistencia muscular de la parte baja de la espalda. Estos exámenes proporcionan una visión integral de la fuerza y resistencia muscular, fundamentales para la salud general.
- Condición Neuromotora: Para evaluar la agilidad y el equilibrio, se emplea el test de pie a una pierna. Si bien esta prueba tiene una evidencia fuerte en cuanto a su utilidad, su confiabilidad es limitada, lo que sugiere la necesidad de complementarla con otros métodos para obtener una evaluación más completa de la función neuromotora.
- Composición Corporal: La evaluación de la composición corporal se realiza mediante la medición de la circunferencia de cintura, el índice de masa corporal (IMC), y la utilización de pliegues cutáneos, a través de ecuaciones como las de

Jackson/Pollock y Durnin/Womersley, para estimar el porcentaje de grasa corporal. Estos métodos proporcionan una evaluación global del estado físico, incluyendo la cantidad de masa muscular y grasa corporal, factores esenciales para el bienestar general.

Evaluación para el Rendimiento Deportivo:

Cuando se trata de una deportista joven cuyo objetivo es conocer su condición física específica relacionada con el rendimiento en su deporte, la evaluación debe adaptarse para identificar puntos fuertes y áreas de mejora. Esta evaluación es crucial para prescribir enfoques más adecuados para el entrenamiento y optimizar el rendimiento. Se hace uso de herramientas especializadas que permiten medir indicadores clave y compararlos con los valores de referencia específicos para su deporte y grupo poblacional. Algunas de las herramientas más comunes son:

- Chronojump Boscosystem (62): Este sistema mide la altura de salto y la velocidad, lo cual es crucial para deportes que requieren explosividad y potencia.
- My Jump (63): Aplicación que permite medir la altura del salto vertical, proporcionando datos sobre la potencia muscular y la capacidad de salto, muy relevante en deportes como el baloncesto, el voleibol o el atletismo.
- Stryd System (64): Sistema de medición de potencia en carrera, utilizado para evaluar la eficiencia y rendimiento de los corredores, permitiendo una visión más detallada de la capacidad aeróbica y la economía de carrera.

Estas herramientas proporcionan datos precisos sobre el rendimiento físico de la deportista, los cuales se pueden comparar con los estándares de rendimiento en el deporte específico. De esta forma, se pueden ajustar los entrenamientos, identificar áreas de debilidad y optimizar el rendimiento para alcanzar el máximo potencial deportivo.

En resumen, la evaluación de la condición física en la juventud ya sea relacionada con la salud general o con el rendimiento deportivo, requiere el uso de una variedad de test y herramientas especializadas. Estas evaluaciones no solo permiten una medición precisa del estado físico de los jóvenes, sino que también ofrecen la base necesaria para mejorar su salud general o rendir al máximo en sus disciplinas deportivas.

4.9. Anticonceptivos.

Anticonceptivos y su Impacto en la Salud Femenina. Consideraciones y Efectos en el Rendimiento:

Los anticonceptivos son métodos diseñados para reducir la posibilidad de embarazo después de las relaciones sexuales, y su uso ha aumentado significativamente a lo largo de los años. Estos se clasifican principalmente en dos categorías: hormonales y no hormonales. Los anticonceptivos hormonales contienen hormonas como la progesterona y el estrógeno, y dentro de esta categoría encontramos métodos como las píldoras anticonceptivas, parches de estrógeno-progesterona y otros métodos de liberación hormonal. Los anticonceptivos no hormonales incluyen métodos como los condones, que actúan como barreras físicas para prevenir el embarazo (65).

Dentro de los anticonceptivos hormonales, podemos hacer una subclasificación en anticonceptivos de acción corta (como las píldoras anticonceptivas) y anticonceptivos de acción prolongada (como los dispositivos intrauterinos (DIU)) (65). Estos métodos tienen diferentes mecanismos de acción, y la elección entre uno u otro depende de diversas variables.

El proceso de selección de un método anticonceptivo debe ser individualizado, tomando en cuenta las necesidades y características de la persona que busca evitar el embarazo. El proceso incluye tres pasos fundamentales:

- Evaluación de la necesidad: El primer paso consiste en determinar si existe la necesidad de un anticonceptivo para evitar el embarazo, considerando la predisposición de la persona a concebir.
- Evaluación de posibles contraindicaciones: Es fundamental verificar que no haya contraindicaciones médicas para el uso del método anticonceptivo, como antecedentes de trombosis o problemas cardiovasculares.
- Preferencias personales: Finalmente, es crucial tener en cuenta las preferencias personales de la mujer, ya que el método anticonceptivo debe ser cómodo y adecuado para sus hábitos y estilo de vida.

Efectos del Uso de Anticonceptivos en la Salud:

En los últimos años, varios estudios han comenzado a investigar cómo el uso de anticonceptivos afecta distintos aspectos de la salud, incluyendo el estrés oxidativo, la fuerza muscular, la potencia, la hipertrofia y el daño muscular, especialmente en mujeres activas o deportistas.

- Estrés Oxidativo y Anticonceptivos: En relación con el estrés oxidativo, un estudio de Cauci y colaboradores (66) observó que el uso de píldoras anticonceptivas podría estar relacionado con un aumento en los niveles de hidroperóxido en sangre, lo que indica un mayor estrés oxidativo. Este aumento en el estrés oxidativo podría tener implicaciones negativas para la salud cardiovascular de las mujeres, especialmente en las atletas, quienes ya están expuestas a un mayor estrés fisiológico debido al entrenamiento (66).
- Fuerza, Potencia e Hipertrofia: Sin embargo, los efectos de las píldoras anticonceptivas sobre la fuerza, la potencia y la ganancia de masa muscular han mostrado resultados mixtos. En una revisión sistemática con metaanálisis realizada por Nolan y colaboradores, no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de fuerza, potencia ni masa muscular entre mujeres que usaban anticonceptivos orales y aquellas que no los utilizaban (67). Esto sugiere que, en términos generales, el uso de anticonceptivos hormonales no tendría un impacto negativo sustancial en estas capacidades físicas, aunque se deben considerar los factores individuales y el tipo de anticonceptivo utilizado.
- Daño Muscular: En cuanto al daño muscular, un estudio de Hicks y colaboradores analizó los niveles de creatina quinasa (un marcador de daño muscular) en mujeres que usaban anticonceptivos orales y aquellas que no los utilizaban. Los resultados indicaron que las mujeres que tomaban anticonceptivos orales presentaban niveles significativamente más altos de creatina quinasa, lo que sugiere un mayor grado de daño muscular en comparación con las mujeres que no usaban anticonceptivos (68). Aunque la muestra de este estudio fue pequeña (N = 9), estos hallazgos abren

la puerta a la necesidad de investigaciones más amplias sobre cómo los anticonceptivos hormonales pueden afectar la recuperación muscular y la salud muscular en general.

5. Diferencias entre hombres y mujeres en las diferentes fases de su desarrollo.

El desarrollo humano es un proceso dinámico y complejo que se divide en etapas con características específicas. Las diferencias entre hombres y mujeres en aspectos físicos, fisiológicos, madurativos y hormonales tienen un impacto profundo no sólo en el crecimiento y desarrollo general, sino también en su rendimiento físico y deportivo. Estas diferencias, que se vuelven más marcadas con el paso de los años, son relevantes para comprender cómo aprovechar al máximo el potencial de cada individuo en el ámbito del deporte y la AF, además de garantizar un enfoque inclusivo y personalizado (69).

Este análisis abarca las etapas de niñez, adolescencia y juventud (hasta los 25 años), explorando cómo estas diferencias influyen en la práctica deportiva y destacando estrategias específicas para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones.

5.1. Niñez: Similitudes y Potencial Compartido.

Desarrollo Físico y Cognitivo en la Niñez:

La niñez, que abarca desde el nacimiento hasta aproximadamente los 12 años, es una etapa de rápido crecimiento y desarrollo. Durante este período, el cuerpo experimenta un aumento constante en altura y peso, acompañado por la maduración progresiva de habilidades motoras y cognitivas. Aunque los ritmos de crecimiento pueden variar ligeramente entre individuos, no existen diferencias significativas entre niños y niñas en términos de desarrollo físico general (70).

El sistema nervioso central se desarrolla rápidamente en esta etapa, permitiendo mejoras en la coordinación, el equilibrio y el control motor. Las niñas suelen presentar un desarrollo más temprano de habilidades motoras finas, como escribir o dibujar, mientras que los niños tienden a destacar en actividades que requieren fuerza o velocidad, aunque estas diferencias son sutiles y generalmente se igualan con el tiempo.

Diferencias Hormonales en la Niñez:

En la niñez, los niveles de hormonas sexuales como el estrógeno y la testosterona son bajos y similares entre niños y niñas. Esto contribuye a la falta de diferencias significativas en la composición corporal, la fuerza y la resistencia en esta etapa. Según diversos estudios, durante los primeros años de vida, los niños y niñas presentan una mayor semejanza en cuanto a la proporción de masa muscular y grasa corporal. La diferencia en la producción hormonal se incrementa significativamente con la pubertad, momento en el cual las hormonas sexuales empiezan a influir más en el desarrollo físico, generando diferencias de género en la distribución de masa muscular y grasa.

Implicaciones en el Deporte y la AF:

La niñez representa una etapa inmejorable para introducir a los niños y niñas al mundo del deporte. En esta etapa, el planteamiento debe enfocarse en la variedad y el disfrute, permitiendo a los jóvenes explorar diferentes disciplinas deportivas sin la presión de la especialización temprana. Esta estrategia favorece el desarrollo de habilidades físicas generales y promueve la salud a largo plazo.

Un punto importante a tener en cuenta es que las niñas, debido a barreras culturales o sociales, pueden estar menos expuestas a ciertos deportes que tradicionalmente se asocian con los niños, como el fútbol o el béisbol, y menos predispuestas, a priori, a su práctica. Es responsabilidad de entrenadores y educadores combatir contra estos estereotipos y fomentar un entorno inclusivo donde todos los niños puedan participar en igualdad de condiciones (71).

5.2. Adolescencia: Transformación y Divergencia.

Cambios Físicos y Madurativos en la Adolescencia:

La adolescencia es una etapa de transición que marca el inicio de la pubertad y la aparición de cambios físicos y emocionales significativos. Este proceso está impulsado por un aumento drástico en la producción de hormonas sexuales, que afectan tanto al desarrollo físico como a la composición corporal. La pubertad, que ocurre generalmente entre los 9 y los 16 años, es el período durante el cual los jóvenes experimentan la mayoría de estos cambios hormonales. Según la *Sociedad Internacional de Endocrinología Pediátrica*, este aumento hormonal está estrechamente vinculado con el desarrollo de características sexuales secundarias, como el crecimiento de vello corporal y cambios en la piel. Estos cambios no solo impactan la apariencia externa, sino que también tienen implicaciones en la salud ósea, cardiovascular y metabólica a largo plazo (72,73).

En las niñas, los niveles de estrógeno aumentan considerablemente, provocando el crecimiento rápido de los huesos y la acumulación de grasa en áreas específicas como las caderas y los muslos. Este proceso también contribuye a la maduración de los órganos reproductivos y al inicio del ciclo menstrual. Además, los estudios muestran que la mayor acumulación de grasa subcutánea en las niñas, que se observa principalmente en la región de las caderas y los muslos, es vital para la función reproductiva y el equilibrio hormonal. En promedio, las niñas alcanzan su altura definitiva antes que los niños, lo que refleja un ritmo de maduración más rápido. Esto se debe a que, en comparación con los varones, las niñas experimentan un cierre de las placas de crecimiento óseo más temprano, lo que limita su potencial de crecimiento en estatura. Esta aceleración de la madurez física en las niñas también puede influir en su desarrollo emocional y psicológico, ya que enfrentan una mayor presión social y expectativas relacionadas con su apariencia y comportamientos (74).

Por otro lado, los niños experimentan un aumento significativo en la producción de testosterona, lo que resulta en un desarrollo muscular más pronunciado, una mayor densidad ósea y un aumento en la fuerza física. Estos cambios están estrechamente vinculados con el incremento en la masa muscular magra, lo que no solo mejora la fuerza física, sino también la capacidad para realizar ejercicios de resistencia y otras actividades deportivas. El aumento de testosterona también está relacionado con una mayor tasa de

síntesis de proteínas, lo que contribuye al crecimiento muscular. Además, estos cambios también están acompañados por un crecimiento en estatura que, aunque más tardío, acostumbra a ser más pronunciado que en las niñas. Los varones continúan experimentando un crecimiento en altura hasta los 18-20 años, mientras que las niñas alcanzan su altura definitiva antes de los 17 años. Esto resulta en una diferencia promedio de estatura en la edad adulta, donde los hombres suelen ser más altos que las mujeres, en parte debido a esta fase de crecimiento prolongado durante la adolescencia (75).

Cambios Cognitivos y Psicológicos:

La adolescencia también está marcada por un desarrollo significativo del cerebro, especialmente en aquellas áreas relacionadas con la toma de decisiones, el control emocional y la cognición social. Sin embargo, estas áreas aún no están completamente desarrolladas, lo que puede dar lugar a comportamientos impulsivos o un enfoque excesivo en la búsqueda de la aceptación social. Este proceso de maduración cerebral implica que los adolescentes, especialmente aquellos en la etapa temprana, tienden a experimentar dificultades para regular sus emociones y conductas, lo que puede influir en sus interacciones sociales, su rendimiento académico y su toma de decisiones en general. Además, la alta plasticidad cerebral de esta etapa hace que el cerebro de los adolescentes sea más susceptible a las influencias externas, como las redes sociales, las expectativas familiares y las experiencias educativas, lo que puede tener un impacto duradero en su desarrollo emocional y social (75).

Las niñas suelen mostrar una mayor madurez emocional en comparación con los niños, pudiendo ésta influir en sus preferencias deportivas y su compromiso con el entrenamiento. Este aspecto de madurez emocional puede hacer que las adolescentes tengan una mayor capacidad para regular sus emociones y mantener la constancia en sus actividades, incluidas las deportivas. Sin embargo, también suelen estar más expuestas a presiones sociales relacionadas con su imagen corporal, como la adecuación o no con los estándares estéticos socialmente preferidos. Este fenómeno puede generar una constante comparación con modelos de belleza promovidos por los medios de comunicación, lo que contribuye a que muchas adolescentes se enfrenten a desafíos relacionados con su autoestima y la imagen corporal. Aunque los chicos también se ven afectados por estas presiones, las niñas suelen ser más vulnerables a ellas debido a las expectativas culturales más intensas sobre cómo deben lucir. Como resultado, la preocupación por la imagen corporal puede llevar a una merma en su autoestima y una disminución en su participación en actividades físicas, ya sea por sentirse inseguras de su cuerpo o por no cumplir con ciertos ideales estéticos (76,77). Esto resalta la importancia de promover entornos inclusivos y positivos que fomenten la participación activa en actividades físicas sin centrarse exclusivamente en la apariencia física, sino en los beneficios emocionales, sociales y de salud.

El Papel del Ciclo Menstrual:

El ciclo menstrual se caracteriza por la presencia de fluctuaciones hormonales significativas que afectan a las mujeres adolescentes de manera individual. Durante la fase folicular, los niveles elevados de estrógeno favorecen el rendimiento físico y la recuperación muscular; mientras que, en la fase lútea, el aumento de progesterona puede causar fatiga y afectar el equilibrio hídrico. Estos cambios subrayan la importancia de

personalizar los programas de entrenamiento para las mujeres, adaptándolos a sus características propias (76).

Implicaciones en el Deporte:

En esta etapa, las diferencias entre hombres y mujeres comienzan a hacerse patentes significativamente en el rendimiento deportivo. Los hombres adolescentes suelen tener una ventaja en deportes que requieren fuerza, velocidad y resistencia; mientras que las mujeres, por el contrario, pueden destacar en disciplinas que valoran la precisión, la flexibilidad y la técnica.

Sin embargo, las mujeres adolescentes enfrentan desafíos únicos, como un mayor riesgo de lesiones relacionadas con la densidad ósea y la tríada de la atleta femenina. Para mitigar estos riesgos, es crucial implementar programas de entrenamiento que incluyan ejercicios de fuerza y actividades que promuevan la salud ósea.

5.3. Juventud: Consolidación y Máximo Potencial.

Cambios Físicos y Fisiológicos:

La juventud es una etapa de consolidación en la que el cuerpo alcanza su máxima capacidad física. En las mujeres, este período se caracteriza por la estabilización de los niveles hormonales y la finalización del crecimiento óseo. Sin embargo, presentan una menor masa muscular y una mayor proporción de grasa corporal en comparación con los hombres, quienes continúan beneficiándose de los efectos de la testosterona (78).

En términos fisiológicos, las diferencias en la capacidad cardiorrespiratoria entre hombres y mujeres son más evidentes. Los hombres suelen tener un mayor volumen sistólico y una mayor capacidad de transporte de oxígeno, lo que les proporciona una ventaja en deportes de resistencia. Las mujeres, aunque tienen valores absolutos más bajos de VO2 máx., pueden ser igual de competitivas en actividades de corta duración que requieren explosividad y técnica (79).

Factores Sociales y Culturales:

En la juventud, las expectativas sociales y culturales pueden influir significativamente en la participación deportiva. Las mujeres jóvenes, en particular, pueden tener que hacer frente a estigmas relacionados con ciertos deportes considerados “masculinos”, o presiones para mantener una apariencia física “femenina”. Estos factores pueden limitar su participación o influir en la elección de disciplinas deportivas.

Impacto de los Anticonceptivos en el Rendimiento Deportivo:

El uso de anticonceptivos es común entre mujeres jóvenes y puede influir en su rendimiento físico. Algunos estudios sugieren que ciertos métodos anticonceptivos pueden reducir la capacidad aeróbica y afectar la composición corporal. Sin embargo, estos efectos son generalmente leves y reversibles. Es importante que los entrenadores y profesionales de la salud estén informados sobre estos posibles impactos para ajustar los entrenamientos según sea necesario.

Es cierto que este es un tema que despierta mucha controversia y que no hay una "verdad" unánime. Se ha podido constatar que cada experto tiene su opinión (a raíz de una evidencia todavía incierta) y que depende también mucho de la mujer y como le afecte a cada una en particular. Por otro lado, hemos visto que hay atletas que prefieren no tomarlas y otras, por el contrario, que incluso buscan regular su menstruación con dichos anticonceptivos para llegar al día de su prueba en su mejor estado y pico posible.

Implicaciones en el Deporte:

En esta etapa, las diferencias entre sexos aparecen más marcadas en el deporte. Los hombres suelen tener una ventaja en deportes que requieren fuerza y potencia, mientras que las mujeres destacan en disciplinas que valoran la técnica y la flexibilidad. No obstante, estas diferencias no deben ser vistas como limitaciones, sino como áreas de oportunidad para personalizar el entrenamiento y maximizar el rendimiento individual. (80)

Estrategias para la Igualdad en el Deporte:

Para garantizar que tanto hombres como mujeres alcancen su máximo potencial en el deporte, es esencial adoptar un enfoque basado en la evidencia que considere las diferencias individuales y las necesidades específicas de cada género (81, 82). Esto incluye:

- Individualización del Entrenamiento: Diseñar programas personalizados que se adapten a las capacidades físicas y las fluctuaciones hormonales de cada individuo.
- Promoción de la Inclusión: Crear un entorno deportivo inclusivo que fomente la participación equitativa de ambos sexos en todas las disciplinas deportivas.
- Prevención de Lesiones: Implementar estrategias de entrenamiento que reduzcan el riesgo de lesiones relacionadas con la densidad ósea y otros factores.
- Educación y Sensibilización: Educar a entrenadores, atletas y la sociedad en general sobre las diferencias y necesidades específicas de hombres y mujeres en el deporte.

6. Conclusión.

A lo largo del análisis de las diversas etapas del desarrollo humano, se ha puesto de manifiesto la importancia de considerar las diferencias individuales y de género para maximizar el rendimiento físico, promover la inclusión y garantizar la igualdad de oportunidades en la AF y el deporte.

Desde la niñez, se observa un potencial compartido entre niños y niñas. Este periodo, caracterizado por un rápido desarrollo físico y cognitivo, ofrece una oportunidad única para introducir a los jóvenes al deporte de manera lúdica, sin presión por la especialización temprana. Aquí, es clave fomentar un entorno inclusivo que elimine barreras sociales o culturales que puedan limitar la participación de las niñas en deportes tradicionalmente asociados a los niños.

La adolescencia marca una etapa de transición en la que las diferencias físicas, hormonales y emocionales comienzan a ser evidentes. Las niñas experimentan cambios relacionados con el aumento de estrógeno, la acumulación de grasa corporal y el inicio del ciclo menstrual, mientras que los niños desarrollan mayor fuerza y masa muscular debido al incremento de testosterona. Estos cambios tienen implicaciones directas en el rendimiento deportivo y en la salud, especialmente para las adolescentes, que enfrentan desafíos adicionales como la tríada de la atleta femenina. Es imprescindible diseñar programas que consideren estas particularidades y que promuevan la autoestima, el bienestar emocional y la prevención de lesiones.

En la juventud, el cuerpo alcanza su máxima capacidad física, consolidando las diferencias entre sexos. Mientras que los hombres tienden a tener ventajas en fuerza y resistencia, las mujeres destacan en deportes que valoran la técnica y la flexibilidad. Sin embargo, estas diferencias no deben percibirse como limitaciones, sino como oportunidades para personalizar el entrenamiento y optimizar el rendimiento de cada atleta. Factores como el uso de anticonceptivos y su impacto en el rendimiento deportivo también deben ser considerados para garantizar una planificación adecuada.

En todas las etapas, el enfoque debe centrarse en la individualización, la inclusión y la equidad. La creación de programas de entrenamiento personalizados, la educación de entrenadores y la sensibilización de la sociedad son fundamentales para superar los estigmas de género y maximizar el potencial de cada persona.

En conclusión, el deporte y la AF deben ser accesibles e igualitarios, adaptándose a las necesidades específicas de cada individuo. Al reconocer y abordar las diferencias entre hombres y mujeres, se puede garantizar un desarrollo integral que no solo mejore el rendimiento físico, sino que también fomente la salud, la autoestima y el bienestar en todas las etapas de la vida.

Bibliografía.

1. Elbaz Braun A, Solt I, Constantini N. [PHYSICAL ACTIVITY DURING PREGNANCY AND AFTER BIRTH]. Harefuah. 2023 Mar;162(3):146–51.
2. Anderson J, Pudwell J, McAuslan C, Barr L, Kehoe J, Davies GA. Acute fetal response to high-intensity interval training in the second and third trimesters of pregnancy. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2021;46(12):1552-1558. doi:10.1139/apnm-2020-1086
3. Teede HJ, Bailey C, Moran LJ, Bahri Khomami M, Enticott J, Ranasinha S, et al. Association of Antenatal Diet and Physical Activity–Based Interventions With Gestational Weight Gain and Pregnancy Outcomes. JAMA Internal Medicine. 2022 feb 1;182(2):106.
4. Bailey R, Hillman C, Arent S, Petitpas A. Physical Activity: An Underestimated Investment in Human Capital? Journal of Physical Activity and Health. 2013 Mar;10(3):289–308.
5. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. British Journal of Sports Medicine. 2020 Dec;54(24):1451–62.
6. Woodley SJ, Boyle R, Cody JD, Mørkved S, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training for prevention and treatment of urinary and faecal incontinence in antenatal and postnatal women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;12(12):CD007471. Published 2017 Dec 22. doi:10.1002/14651858.CD007471.pub3
7. Hayman M, Brown WJ, Brinson A*, et al.* Public health guidelines for physical activity during pregnancy from around the world: a scoping review. *British Journal of Sports Medicine* 2023;**57:**940-947.
8. Fernández CR, Guan L, Rodriguez C, Zork N, Barbosa J, Shuffrey LC. The Association of Nutrition and Exercise Behaviors of Women with Diabetes in Pregnancy with Infant Breastfeeding Practices. Breastfeeding Medicine. 2023 oct 1;18(10):794–9.
9. Flanagan EW, Redman LM. Early Life Energy Balance: The Development of Infant Energy Expenditure and Intake in the Context of Obesity. Current Obesity Reports. 2024 oct 23;13(4):743–54.
10. World Health Organization (WHO) guideline on the complementary feeding of infants and young children aged 6−23 months 2023: A multisociety response. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. 2024 jul 14;79(1):181–8.
11. Honoré KD, Bruun S, Michaelsen KF, Möller S, Husby S, Jacobsen LN, et al. Exclusive or partial breastfeeding and estimated protein intake in infancy: Associations with childhood growth and body composition at 7 years of age in the Odense Child Cohort. Journal of Human Nutrition and Dietetics. 2025 feb 5;38(1).
12. Liu Y, Jiang H, Nie Z, Yu B, Qiu X, Zuo H, et al. Association between maternal exercise during pregnancy and attention-deficit/hyperactivity disorder among preschool children in Southwest China. Frontiers in Public Health. 2024 nov 27;12.
13. Soto-González M, da Cuña-Carrera I, Lantarón-Caeiro EM, Pascoal AG. Effect of hypopressive and conventional abdominal exercises on postpartum diastasis recti: A randomized controlled trial. PLOS ONE. 2024 Dec 12;19(12): e0314274.
14. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-1462. doi:10.1136/bjsports-2020-102955

15. Gao Z, Chen S, Sun H, Wen X, Xiang P. Physical Activity in Children's Health and Cognition. *Biomed Res Int*. 2018;2018:8542403. Published 2018 Jun 25. doi:10.1155/2018/8542403
16. Farooq MA, Parkinson KN, Adamson AJ*, et al* Timing of the decline in physical activity in childhood and adolescence: Gateshead Millennium Cohort Study. *British Journal of Sports Medicine* 2018;**52:**1002-1006.
17. Farr JN, Laddu DR, Blew RM, Lee VR, Going SB. Effects of physical activity and muscle quality on bone development in girls. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(12):2332-2340. doi:10.1249/MSS.0b013e31829c32fe
18. Bandini LG, Must A, Naumova EN, et al. Change in leptin, body composition and other hormones around menarche – a visual representation. Acta Paediatr. 2008;97(10):1454-1459 (7).
19. Swerdloff RS, Odell WD. Hormonal mechanisms in the onset of puberty. Postgraduate Medical Journal. 1975;51:200-208 (8).
20. Reiter EO, Root AW. Hormonal changes of adolescence. Medical Clinics of North America. 1975;59(6):1289-1314 (9).
21. Abdella NH, Nasr EA, Attia AMF. The Body Mass Index and Menstrual Problems among Adolescent Students. IOSR Journal of Nursing and Health Science. 2016;5(4):13-21 (10).
22. Gottschewsky N, Kraft D, Kaufmann T. Menarche, pubertal timing and the brain: female-specific patterns of brain maturation beyond age-related development. Biology of Sex Differences. 2024;15:25 (12).
23. Rizkia M, Setyowati S, Ungsianik T. Female Adolescents' Preparations, Knowledge, and Emotional Response toward Menarche: A Preliminary Study. Comprehensive Child and Adolescent Nursing. 2019;42(Sup1):108-114 (11).
24. Márquez S, Molinero O. Energy availability, menstrual dysfunction and bone health in sports: an overview of the female athlete triad. Nutr Hosp. 2013;28(4):1010-1017 (3).
25. Ravi S, Ihalainen JK, Taipale-Mikkonen RS, et al. Self-reported restrictive eating, eating disorders, menstrual dysfunction, and injuries in athletes competing at different levels and sports. Nutrients. 2021;13:3275 (4).
26. Matter S. Menstrual cycle and performance sports – an update. Sports Exerc Med Switzerland. 2023 (5).
27. Giménez-Blasi N, Latorre-Rodríguez JA, Martínez-Bebiá M, et al. Menstrual cycle and sport: effects on the performance and metabolism of the athlete woman. Retos. 2022 (6).
28. Julian R, Hecksteden A, Fullagar HHK, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. PLoS ONE. 2017;12(3):e0173951 (1).
29. Paludo AC, Gimunová M, Michaelides M, Kobus M, Parpa K. Description of the menstrual cycle status, energy availability, eating behavior and physical performance in a youth female soccer team. Sci Rep. 2023;13:11194 (2).
30. Sirard JR, Pate RR. Physical activity assessment in children and adolescents. Sports Med. 2001;31(6):439-454 (13).
31. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, et al. Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. Br J Sports Med. 2010;44(9):683-691 (14).
32. UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Juventud [Internet]. París: UNESCO; [citado el 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: https://www.unesco.org/es/youth

33. Costa AS. Realidad psicosocial: La adolescencia actual y su temprano comienzo. Rev Estud Juventud. 2006; 73:11-23.
34. Güemes-Hidalgo M, Ceñal González-Fierro MJ, Hidalgo Vicario MI. Desarrollo durante la adolescencia: aspectos físicos, psicológicos y sociales. Pediatr Integral. 2017;21(4):233-244.
35. Brañas P. Atención del pediatra al adolescente. Pediatr Gen. 1997; 2:207-216.
36. National Library of Medicine (US). Young Adult [Internet]. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US); 2009 [citado el 16 de Diciembre de 2024]. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68055815
37. Lu J, Shin Y, Yen MS, Sun SS. Peak Bone Mass and Patterns of Change in Total Bone Mineral Density and Bone Mineral Contents From Childhood Into Young Adulthood. J Clin Densitom. 2016 Apr-Jun;19(2):180-91. DOI: 10.1016/j.jocd.2014.08.001. Epub 2014 Oct 18.
38. Nguyen TV, Maynard LM, Towne B, Roche AF, Wisemandle W, Li J, Guo SS, Chumlea WC, Siervogel RM. Sex differences in bone mass acquisition during growth: the Fels Longitudinal Study. J Clin Densitom. 2001 Summer;4(2):147-57. doi: 10.1385/jcd:4:2:147.
39. Barkaoui A, Ben Kahla R, Merzouki T, Hambli R. Age and gender effects on bone mass density variation: finite elements simulation. Biomech Model Mechanobiol. 2017 Apr;16(2):521-535. doi: 10.1007/s10237-016-0834-x. Epub 2016 Sep 22.
40. Baker BS, Chen Z, Larson RD, Bemben MG, Bemben DA. Sex differences in bone density, geometry, and bone strength of competitive soccer players. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2020 Mar 3;20(1):62-76.
41. Rico H, Revilla M, Hernandez ER, Villa LF, Alvarez del Buergo M. Sex differences in the acquisition of total bone mineral mass peak assessed through dual-energy X-ray absorptiometry. Calcif Tissue Int. 1992 Oct;51(4):251-4. doi: 10.1007/BF00334483.
42. Lee S, Fujita C, Satoh A. Baseline Body Composition and Physical Activity Level Recommended for Optimal Bone Mineral Density in Young Women. Womens Health Rep (New Rochelle). 2022 Mar 21;3(1):351-358. doi: 10.1089/whr.2021.0137.
43. Ober C, Loisel DA, Gilad Y. Sex-specific genetic architecture of human disease. *Nat Rev Genet*. 2008;9(12):911-922. doi:10.1038/nrg2415.
44. Pérez MA, Urrejola-Contreras GP, Hernández J, Silva P, Torres-Banduc M. Sex differences in upper and lower strength and their association with body composition among university students. Phys Act Nutr. 2024 Sep;28(3):64-71. doi: 10.20463/pan.2024.0025. Epub 2024 Sep 30.
45. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 4aedición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2022.
46. World Health Organization (WHO). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020.
47. Malandrino N, Bhat SZ, Alfaraidhy M, Grewal RS, Kalyani RR. Obesity and Aging. Endocrinol Metab Clin North Am. 2023 Jun;52(2):317-339. doi: 10.1016/j.ecl.2022.10.001. Epub 2023 Feb 16.
48. Žižka O, Haluzík M, Jude EB. Pharmacological treatment of obesity in older adults. Drugs Aging. 2024;41:881–896. doi:10.1007/s40266-024-01150-9
49. Forbes GB. Growth of the lean body mass in man. *Growth*. 1972;36(4):325-338.
50. Raghuveer G, Hartz J, Lubans DR, Takken T, Wiltz JL, Mietus-Snyder M, Perak AM, Baker-Smith C, Pietris N, Edwards NM; American Heart Association Young Hearts Athero, Hypertension and Obesity in the Young Committee of the Council

on Lifelong Congenital Heart Disease and Heart Health in the Young. Cardiorespiratory Fitness in Youth: An Important Marker of Health: A Scientific Statement From the American Heart Association. Circulation. 2020 Aug 18;142(7):e101-e118. doi: 10.1161/CIR.0000000000000866. Epub 2020 Jul 20.
51. Zhou, S. Explanation of variance in VO2max for trained and untrained female college students. J Exerc Physiol Online. 2004;7(6):69-74.
52. Bute SS, Shete AN, Khan ST. A comparative study of VO2 max in young female athletes and non-athletes. IOSR J Sports Phys Educ. 2014;1(7):27-29.
53. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, Yamamoto K. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2max. Med Sci Sports Exerc. 1996 Oct;28(10):1327-30. doi: 10.1097/00005768-199610000-00018.
54. Pedlar CR, Brugnara C, Bruinvels G, Burden R. Iron balance and iron supplementation for the female athlete: A practical approach. Eur J Sport Sci. 2018 Mar;18(2):295-305. doi: 10.1080/17461391.2017.1416178. Epub 2017 Dec 27.
55. Zhu YI, Haas JD. Iron depletion without anemia and physical performance in young women. Am J Clin Nutr. 1997 Aug;66(2):334-41. doi: 10.1093/ajcn/66.2.334.
56. Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Rice T, Mandel S, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: the HERITAGE Family Study. Med Sci Sports Exerc. 2001 Jan;33(1):99-106. doi: 10.1097/00005768-200101000-00016.
57. Ekelund U, Steene-Johannessen J, Brown WJ, Fagerland MW, Owen N, Powell KE, Bauman A, Lee IM; Lancet Physical Activity Series 2 Executive Committe; Lancet Sedentary Behaviour Working Group. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. Lancet. 2016 Sep 24;388(10051):1302-10. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30370-1. Epub 2016 Jul 28. Erratum in: Lancet. 2016 Sep 24;388(10051):e6. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31677-4.
58. Quintana-Zinn FA, Whitcomb BW, Ronnenberg AG, Bigelow C, Houghton SC, Bertone-Johnson ER. Premenstrual Symptom Patterns and Behavioral Risk Factors in Young Women: A Cross-Sectional Study. J Womens Health (Larchmt). 2017 Oct;26(10):1099-1105. doi: 10.1089/jwh.2016.5921. Epub 2017 Jun 26.
59. Kawabe R, Chen CY, Morino S, Mukaiyama K, Shinohara Y, Kato M, Shimizu H, Shimoura K, Nagai-Tanima M, Aoyama T. The relationship between high physical activity and premenstrual syndrome in Japanese female college students. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2022 Sep 26;14(1):175. doi: 10.1186/s13102-022-00569-0.
60. Suni J, Husu P, Rinne M. Fitness for health: The ALPHA-FIT Test Battery for Adults Aged 18–69. Tampere (FI): European Union, DG SANCO, UKK Institute for Health Promotion Research; 2009.
61. Jiménez NM, Castro-Piñero J (dir.), Cuenca-García M (dir.). Validity and reliability of field test to assess physical fitness related to health in adults. The adult-fit project [Tesis doctoral]. Cádiz: Universidad de Cádiz; 2022.
62. Pueo B, Penichet-Tomas A, Jimenez-Olmedo JM. Reliability and validity of the Chronojump open-source jump mat system. Biol Sport. 2020 Sep;37(3):255-259. doi: 10.5114/biolsport.2020.95636. Epub 2020 May 25.
63. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. J Sports Sci. 2015;33(15):1574-9. doi: 10.1080/02640414.2014.996184. Epub 2015 Jan 2.

64. García-Pinillos F, Roche-Seruendo LE, Marcén-Cinca N, Marco-Contreras LA, Latorre-Román PA. Absolute Reliability and Concurrent Validity of the Stryd System for the Assessment of Running Stride Kinematics at Different Velocities. J Strength Cond Res. 2021 Jan 1;35(1):78-84. doi: 10.1519/JSC.0000000000002595.
65. Teal S, Edelman A. Contraception Selection, Effectiveness, and Adverse Effects: A Review. JAMA. 2021 Dec 28;326(24):2507-2518. doi: 10.1001/jama.2021.21392.
66. Cauci S, Buligan C, Marangone M, Francescato MP. Oxidative Stress in Female Athletes Using Combined Oral Contraceptives. Sports Med Open. 2016 Dec;2(1):40. doi: 10.1186/s40798-016-0064-x. Epub 2016 Sep 21.
67. Nolan D, McNulty KL, Manninen M, Egan B. The Effect of Hormonal Contraceptive Use on Skeletal Muscle Hypertrophy, Power and Strength Adaptations to Resistance Exercise Training: A Systematic Review and Multilevel Meta-analysis. Sports Med. 2024 Jan;54(1):105-125. doi: 10.1007/s40279-023-01911-3. Epub 2023 Sep 27.
68. Hicks KM, Onambélé-Pearson G, Winwood K, Morse CI. Oral contraceptive pill use and the susceptibility to markers of exercise-induced muscle damage. Eur J Appl Physiol. 2017 Jul;117(7):1393-1402. doi: 10.1007/s00421-017-3629-6. Epub 2017 May 11.
69. Diferencias Fisiológicas de Género en el Rendimiento Deportivo | Educafitness [Internet].
70. Crecimiento físico y maduración sexual de los adolescentes - Salud infantil - Manuale Merck versión para el público general [Internet].
71. El avance del deporte femenino: un camino hacia la igualdad y el cambio social | EDUSPORT [Internet].
72. Desarrollo durante la adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales | Pediatría integral [Internet].
73. Güemes-Hidalgo M, Ceñal González-Fierro MJ, Hidalgo Vicario MI. PEDIATRÍA INTEGRAL Introducción Desarrollo durante la adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales. Pediatr Integral. 2017; XXI(4):233–44.
74. Crecimiento físico y maduración sexual de los adolescentes - Salud infantil - Manuale Merck versión para el público general [Internet].
75. El desarrollo físico en los varones: qué puede esperar - HealthyChildren.org [Internet].
76. Desarrollo PDEL, Clave P. Kathleen Stassen Berger PSICOLOGÍA DEL DESARROLLO. 2007.
77. Adolescencia y pubertad [Internet]. Disponible en: https://profamilia.org.co/aprende/cuerpo-sexualidad/adolescencia-y-pubertad/
78. Desarrollo del adolescente: MedlinePlus enciclopedia médica [Internet]. Disponible en: https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002003.htm
79. Diferencias entre hombres y mujeres en el deporte. Actualización 2023 - PowerExplosive [Internet]. Disponible en: https://powerexplosive.com/diferencias-hombre-mujer-deporte/
80. la Fuente-García D. Do women move like men in a sport context? Considerations for performance optimization and injury reduction. 2021:41–52.
81. Diferencias de género en las tasas de lesiones en atletas de deportes de equipo: una revisión sistemática y un análisis de metarregresión [Internet]. Disponible en: https://kinesport.es/blog/genero-derporte-equipo

82. Esmeralda Martínez Benítez Lluisa Aitana Sauleda Martínez J. Gender differentials in Physical and Sports Activity of the students of the Central University of Ecuador. Enseñanza & Teaching [Internet]. 2019; 37:7–26. DOI: 10.14201/et2019372726.

CAPÍTULO 3

ENTRENAMIENTO DE LA MUJER A LO LARGO DEL CICLO VITAL: ADULTEZ Y MENOPAUSIA

Autores:
Iván Fernández Navarrete
Alejandro Corpas Ortiz
Eugenia Hernández Heredia
David Jesús Rivilla Romero
Kevin Andrés Jiménez Sánchez

1. Hormonas femeninas.

1.1. Estrógenos y progesterona.

En el ciclo menstrual se destacan dos hormonas principales: el estrógeno y la progesterona. También se puede destacar la hormona luteinizante (LH) sobre la cual se hablará más adelante.

El estrógeno y la progesterona (P4) se sintetizan principalmente en los ovarios por esteroidogénesis canónica con el colesterol como precursor primario, y en menor medida en otros tejidos que expresan la enzima, aromatasa y en la disponibilidad de un precursor esteroide C19.

Los tres estrógenos endógenos principales incluyen: estrona (E1), 17-β-estradiol (E2) y estriol (E3), con un cuarto estrógeno, estetrol (E4) solo presente durante el embarazo, donde el numeral asignado define el número de grupos hidroxilo (1).

El estradiol es una forma natural de estrógeno. Es la principal hormona reproductiva femenina y está involucrada en el desarrollo y mantenimiento de los tejidos reproductivos femeninos y la regulación del ciclo menstrual (2).

1.2. Papel en el metabolismo y ejercicio.

La oxidación de sustratos es el proceso mediante el cual las células obtienen energía en forma de ATP, la principal "moneda energética" del cuerpo, a partir de los alimentos que consumimos. Este mecanismo convierte carbohidratos, grasas y proteínas en energía utilizable para funciones vitales como la contracción muscular, la reparación de tejidos y la transmisión de señales nerviosas. Este proceso se lleva a cabo a través de rutas metabólicas específicas que varían según el tipo de sustrato oxidado (3)

El cuerpo humano utiliza tres principales tipos de sustratos: carbohidratos, grasas y proteínas, cada uno desempeñando un papel crucial en la producción de energía.

- Carbohidratos: Se convierten en glucosa, una fuente rápida de energía, especialmente útil durante el ejercicio intenso o explosivo. La glucólisis, el proceso inicial de su descomposición, genera pequeñas cantidades de ATP y moléculas que alimentan etapas metabólicas posteriores.
- Grasas: Son la principal fuente de energía en reposo y durante actividades de baja intensidad. Los ácidos grasos se descomponen a través de la beta-oxidación, generando acetil-CoA, que ingresa al ciclo de Krebs para producir grandes cantidades de ATP.
- Proteínas: Aunque no son la fuente primaria de energía, pueden contribuir en condiciones como el ayuno prolongado o el ejercicio muy intenso. Sus aminoácidos se procesan y pueden ingresar en las mismas rutas metabólicas que los carbohidratos y grasas (4).

Cada sustrato requiere procesos específicos para ser oxidado:

- Glucólisis: En el caso de los carbohidratos, este proceso convierte glucosa en piruvato, generando pequeñas cantidades de energía de forma rápida. Si hay

suficiente oxígeno, el piruvato es transportado a las mitocondrias para una oxidación más completa.

- Beta-oxidación: Para las grasas, este proceso descompone ácidos grasos en acetil-CoA, que luego se oxida completamente en el ciclo de Krebs, generando ATP de manera eficiente.
- Ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones: Aquí, los productos de las rutas anteriores se oxidan completamente. Los electrones generados son transportados a la cadena de transporte de electrones, donde se crea un gradiente que impulsa la síntesis de ATP (4).

Las diferencias metabólicas entre hombres y mujeres están influenciadas por factores hormonales y genéticos. Las mujeres tienden a oxidar más grasas debido al efecto del estrógeno, mientras que los hombres dependen más de los carbohidratos durante el ejercicio (5). Además, la distribución del tejido adiposo varía entre géneros: en las mujeres, se concentra principalmente en las caderas y muslos, lo que reduce el riesgo de enfermedades metabólicas. En los hombres, el tejido adiposo abdominal aumenta el riesgo cardiovascular (6).

Las mujeres tienen una mayor predisposición a tener una mayor proporción de fibras musculares tipo I, también conocidas como fibras oxidativas o de contracción lenta. Estas fibras son más eficientes en la oxidación de grasas durante el ejercicio de baja a moderada intensidad. Debido a la composición de las fibras tipo I se les permite utilizar ácidos grasos como fuente de energía, lo que las hace ideales para actividades prolongadas como correr distancias largas, nadar o andar en bicicleta.
Esta predisposición a fibras tipo I en las mujeres les permite ser más eficientes en la quema de grasas durante el ejercicio aeróbico, favoreciendo la resistencia y el rendimiento en actividades de larga duración. Durante estas actividades, las mujeres tienden a depender más de sus reservas de grasa corporal como fuente de energía, lo que puede ser ventajoso para deportes de resistencia, mientras que en actividades de alta intensidad, donde se requieren fibras de contracción rápida (tipo II), el rendimiento puede ser menos eficiente (5).

2. Fluctuaciones hormonales en la vida de la mujer.

A lo largo de la vida, los niveles circulantes de estrógeno y progesterona experimentan cambios significativos, desde la pubertad hasta la menopausia. Durante esta última etapa, se produce una disminución drástica en la secreción de esteroides ováricos, y la producción cíclica de estrógenos es reemplazada por una secreción constante y baja por parte de los ovarios. Entre la pubertad y la menopausia, los niveles de estrógeno fluctúan aproximadamente cinco veces, mientras que los de progesterona lo hacen más de 50 veces en un ciclo menstrual típico de 21 a 35 días. Estas fluctuaciones cíclicas de las hormonas ováricas pueden verse influenciadas por factores externos, como el uso de anticonceptivos hormonales, la variación circadiana, la dieta y el ejercicio; así como por condiciones clínicas, incluyendo la amenorrea hipotalámica funcional, el síndrome de ovario poliquístico y el embarazo.

Con respecto al estrógeno, su concentración en edad reproductiva es 20 veces mayor que antes de la pubertad y durante el embarazo 35 veces mayor que durante el ciclo menstrual. Por otro lado, la concentración de progesterona en edad reproductiva es 35 veces mayor

que antes de la pubertad, y mientras que durante el embarazo supera en 7 veces su concentración en el ciclo menstrual.

Además de la función reproductiva, se ha demostrado que los esteroides ováricos se dirigen a varios tejidos (p. ej., epitelial, conectivo, muscular y nervioso); e influyen en una variedad de procesos biológicos (p. ej., metabolismo, ventilación, inmunidad, cognición, gastrointestinal, cardiovascular, regulación autónoma y función genitourinaria). Las diferentes concentraciones de esteroides ováricos circulantes a lo largo de la vida y a lo largo del ciclo menstrual (con y sin disfunción y/o manipulación) podrían influir significativamente en los mecanismos que controlan y regulan la función celular y la adaptación fisiológica integrada en las mujeres.

El estrógeno se asocia a menudo con la oxidación y utilización del sustrato durante el ejercicio prolongado. La noción de que las concentraciones elevadas de estrógeno plasmático aumentan la dependencia de la grasa como fuente de energía durante el ejercicio de resistencia es una observación consistente (7).

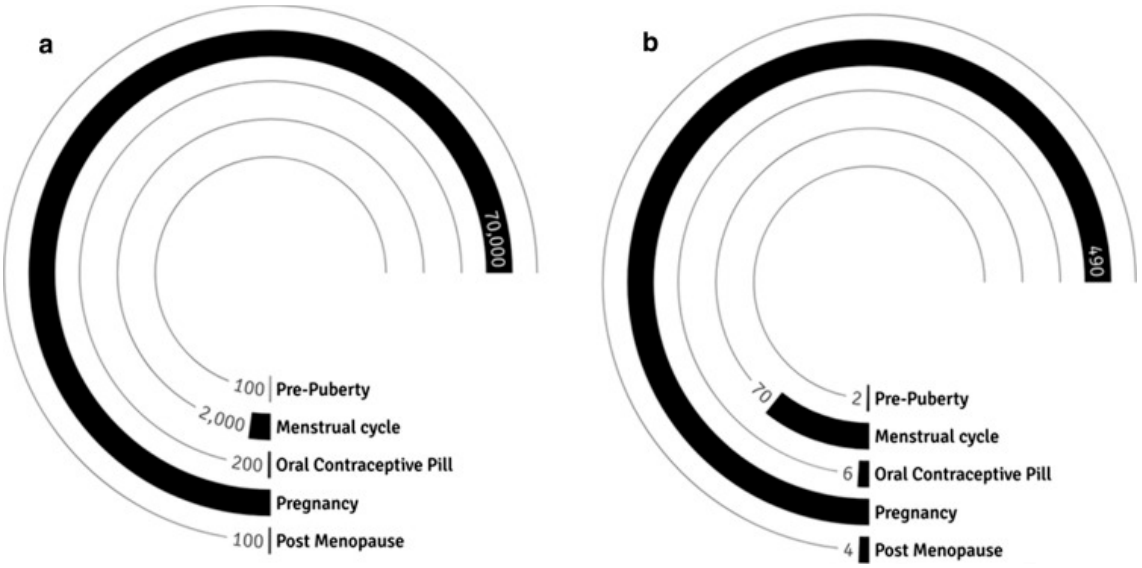

Figura 3. Perfil hormonal de estrógenos (a) y progesterona (b) a lo largo de la vida de la mujer. Concentraciones en pmol/L y nmol/L respectivamente (extraído de Elliot-Sale et al., 2021 (8)).

3. Ciclo menstrual.

Como precedente a la menopausia, es necesario comprender las fases por las que pasa la mujer durante el ciclo menstrual, el cual se divide en 2 fases: la fase folicular, que abarca desde el primer día del sangrado menstrual hasta la ovulación; y la fase lútea, que abarca desde la ovulación hasta el inicio del siguiente sangrado. Sin embargo, dentro de 1 ciclo hay 4 entornos hormonales distintos:

- Fase folicular temprana: es en este momento cuando se inicia el sangrado. Se corresponde con el día 1 y abarca hasta el día 5. Es en esta fase donde estrógenos y progesterona están en sus niveles más bajos.

- Fase folicular tardía: se corresponde con las 14 a 26 horas previas a la ovulación. Los niveles de estrógenos alcanzan su pico y los niveles de progesterona son más altos que en la fase folicular temprana, pero inferiores a 6,36 nmol/L.
- Fase ovulatoria: se identifica mediante una prueba de ovulación urinaria positiva, que detecta la hormona luteinizante (LH). Tiene una duración de 24 a 36 horas, durante la cual los niveles de estrógeno son superiores a los de la fase folicular temprana, pero inferiores a los de las otras fases. Por otra parte, los niveles de progesterona también son más altos que en la fase folicular temprana, aunque permanecen por debajo de 6,4 nmol/L.
- Fase lútea media: se produce 7 días después de la confirmación de la ovulación. Los niveles de estrógeno son más altos que en las fases folicular temprana y ovulatoria, pero más bajos que en la fase folicular tardía, y los niveles de progesterona son >16 nmol/L (9).

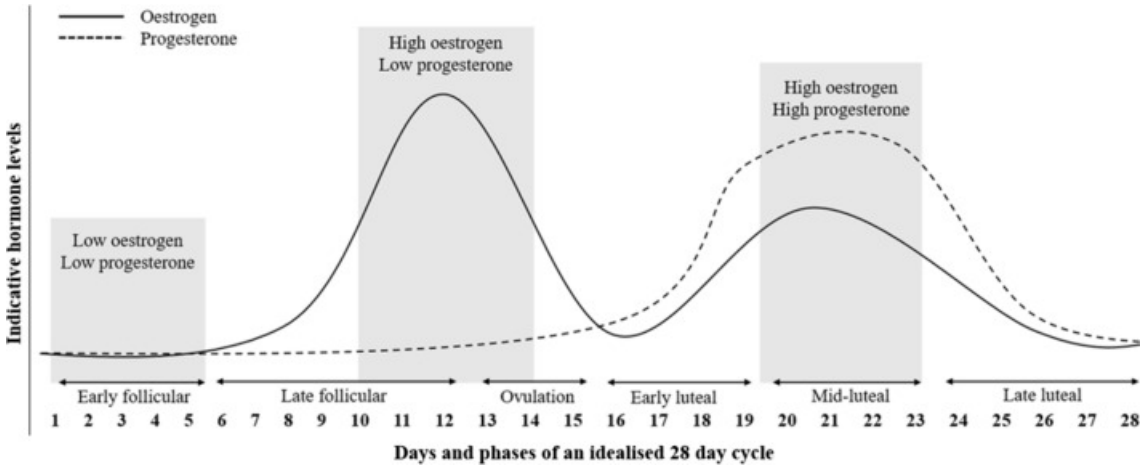

Figura 2. Oscilación hormonal a lo largo del ciclo menstrual (extraído de McNulty et al., 2020 (10)).

3.1. Efecto en aspectos psicológicos.

Varios estudios han informado que los cambios hormonales abruptos administrados exógenamente afectan las tendencias prosociales de las personas. La administración exógena de oxitocina aumentó significativamente la disposición de los participantes a donar a organizaciones benéficas. Además, la administración de testosterona aumentó la generosidad de las mujeres al devolver la confianza, pero, por otro lado, la administración de testosterona disminuyó la generosidad de los hombres hacia extraños o conocidos lejanos.

Los niveles hormonales también fluctúan a lo largo de los ciclos naturales, especialmente entre las mujeres, lo que puede afectar su disposición a ayudar y cooperar con los demás. Las mujeres en la fase folicular estaban más predispuestas socialmente, que aquellas que se encontraban en la fase lútea. (11).

La fase que precede inmediatamente a la ovulación está acompañada de cambios en la apariencia, el olor y el comportamiento en una variedad de hembras de mamíferos.
Investigaciones recientes indican que algunas características observables en las mujeres cambian a lo largo de sus ciclos, incluido el tono de voz y el color de piel. Otras investigaciones sugieren que los hombres pueden ser capaces de detectar estas señales,

generalmente prefiriendo los olores de las mujeres, las caras y las voces de las mujeres en la fase folicular tardía.

El respaldo más sólido a los cambios cíclicos en el atractivo provendrá de la elucidación de los mecanismos fisiológicos subyacentes a ellos. El estradiol y la progesterona son candidatos probables para mediar tales cambios, ya que, los receptores de ambos se expresan en los tejidos laríngeos y durante la pubertad, el embarazo, la menopausia, la terapia de reemplazo hormonal y con el uso de anticonceptivos hormonales ocurren cambios tanto en estas hormonas como en la acústica vocal (12).

3.2. Efectos en metabolismo y rendimiento.

Estas fluctuaciones hormonales, además de su papel en la reproducción, también influyen en una serie de procesos fisiológicos en todo el cuerpo, incluidos los relacionados con el estado nutricional. Se ha planteado la hipótesis de que el estrógeno suprime el apetito, mientras que la progesterona, en presencia de estrógeno, puede tener el efecto opuesto.
Las tasas de oxidación de carbohidratos y grasas varían a lo largo del ciclo, con un mayor almacenamiento de glucógeno en reposo, y una mayor preferencia por la utilización de grasas durante el ejercicio, en la fase lútea en comparación con la fase folicular. El catabolismo proteico también parece aumentar en la fase lútea, lo que potencialmente contribuye a la mayor tasa metabólica en reposo observada durante este tiempo.

El ciclo menstrual de la mujer tiene un impacto significativo en la manera en que el cuerpo utiliza los sustratos energéticos (carbohidratos y grasas). Este ciclo se divide en varias fases hormonales (fase folicular, ovulación, fase lútea) que modulan las vías metabólicas y la eficiencia con la que se oxidan los nutrientes, lo que influye directamente en el rendimiento deportivo y en la capacidad de adaptación al ejercicio.

- Fase folicular: Durante la fase folicular, los niveles de estrógeno comienzan a elevarse, favoreciendo la oxidación de grasas. Este aumento en la oxidación de lípidos hace que el cuerpo recurra principalmente a las reservas de grasa corporal para obtener energía durante ejercicios de baja y moderada intensidad. Además, los niveles de insulina son más bajos en comparación con la fase lútea, lo que permite que las grasas se utilicen de manera más eficiente. En esta fase pueden experimentar un mayor rendimiento en actividades que favorecen la quema de grasas, como los entrenamientos de resistencia o los ejercicios aeróbicos prolongados, ya que las reservas de glucógeno son relativamente estables (1).
- Ovulación: En la fase de ovulación, los niveles de estrógeno alcanzan su punto máximo, lo que puede aumentar tanto la oxidación de carbohidratos como de grasas. Sin embargo, el cuerpo también experimenta un aumento en la temperatura corporal, lo que puede hacer que el esfuerzo físico sea más exigente debido a los cambios en la regulación térmica. En esta fase durante el ejercicio puede haber un aumento en el riesgo de lesiones debido a la mayor laxitud ligamentosa y la tensión muscular asociada con los cambios hormonales. A nivel metabólico, puede haber un leve aumento en la preferencia por la glucosa como fuente de energía, favoreciendo la utilización de carbohidratos durante actividades de alta intensidad (1).
- Fase lútea: Durante la fase lútea, la progesterona alcanza niveles elevados, lo que influye en el metabolismo de los sustratos. En esta fase, el cuerpo tiende a oxidar más carbohidratos y menos grasas, lo que puede aumentar la demanda de

glucógeno muscular para el ejercicio. Además, la sensibilidad a la insulina disminuye, lo que puede hacer que la glucosa no se utilice tan eficientemente. Durante esta fase pueden experimentar un aumento en la fatiga y una mayor necesidad de reponer las reservas de glucógeno. Los entrenamientos de alta intensidad y corta duración pueden ser más efectivos durante esta fase, ya que el cuerpo está más dispuesto a utilizar carbohidratos como fuente de energía (1).

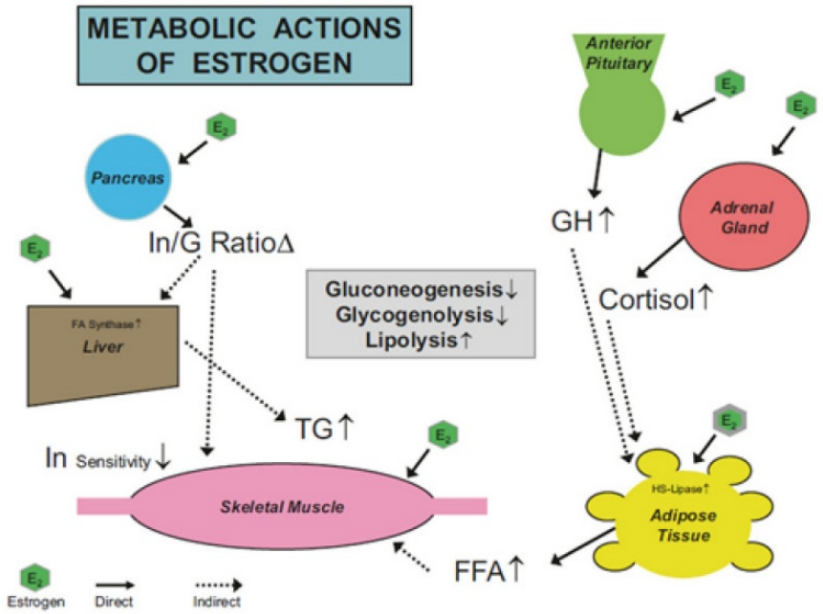

Figura 4. Influencia de los estrógenos (E_2) sobre distintas hormonas cuya participación es clave en el metabolismo. Abreviaturas: FFA=Ácidos Grasos Simples, G=Glucagón, GH=Hormona del crecimiento, In=Insulina, TG=Triglicéridos (extraído de Hackey, 2021 (13)).

Hay evidencia que sugiere que la ingesta diaria de energía es mayor en la fase lútea del ciclo menstrual en comparación con la fase folicular en mujeres que menstrúan naturalmente (9).

Las respuestas de las atletas a los cambios provocados por las fases del ciclo menstrual se pueden clasificar en dos categorías: percepción y rendimiento físico. Si nos centramos en el aspecto perceptivo, las atletas reportan efectos principalmente negativos del ciclo menstrual en su vida diaria, entrenamiento y desempeño durante los días de competición. Entre los síntomas más comunes se encuentran dolor abdominal, dolor de espalda y migrañas, los cuales pueden provocar interrupciones o ausencias en las sesiones de entrenamiento.

En lo referente al rendimiento físico, es necesario seguir investigando para detectar con certeza cambios en el rendimiento físico a lo largo de las diferentes fases del ciclo menstrual y, en caso afirmativo, identificar el momento y la magnitud de dichos cambios. Para alcanzar un consenso sobre el impacto del ciclo menstrual en el rendimiento físico, los estudios futuros deben establecer metodologías claras para evaluar distintas variables de rendimiento. Esto permitirá construir un cuerpo de evidencia confiable y comparable, facilitando que los lectores tomen decisiones más informadas (14).

4. Hormonas anticonceptivas.

El uso de hormonas anticonceptivas afecta significativamente a las concentraciones de estrógenos y progesterona, llevándolas a niveles hormonales similares a los de la prepubertad. Este estado hormonal alterado puede tener implicaciones en el rendimiento físico y la fisiología de las mujeres, incluyendo la termorregulación y la susceptibilidad a lesiones deportivas (15).

Desde un punto de vista termorregulador, se ha demostrado que los anticonceptivos orales combinados (AOC) afectan a la sudoración y a la temperatura corporal. En mujeres que utilizan AOC, se observa un retraso en la sudoración y una disminución en la eficiencia de la termorregulación, lo que puede llevar a un aumento de la temperatura corporal central durante el ejercicio en climas cálidos. Este fenómeno se debe a la alteración en la respuesta hormonal que regula la sudoración y el flujo sanguíneo cutáneo, lo que podría afectar al rendimiento físico en actividades prolongadas o de alta intensidad.

En cuanto al rendimiento deportivo, la relación con el ciclo menstrual es compleja. Las mujeres eumenorreicas (aquellas con ciclos menstruales regulares) pueden experimentar fluctuaciones en el rendimiento dependiendo de la fase del ciclo. Por ejemplo, durante la fase folicular tardía, cuando los niveles de estrógenos son elevados, algunas mujeres reportan mejoras en el rendimiento aeróbico debido a los efectos anabólicos de esta hormona. Sin embargo, otras experimentan mejoras durante la fase lútea, lo que indica que las respuestas son altamente individuales. Por lo tanto, se recomienda un enfoque personalizado para monitorizar y adaptar los entrenamientos en función del ciclo menstrual (16).

Hormonas anticonceptivas, fuerza y recuperación:

- Metabolismo y síntesis proteica: la presencia de estrógenos (naturales o sintéticos) influye en la regeneración muscular al activar células satélite y mejorar la bioenergética mitocondrial. Sin embargo, los anticonceptivos pueden reducir la síntesis proteica en comparación con mujeres eumenorreicas, impactando potencialmente la ganancia muscular.
- Recuperación muscular: algunos estudios reportan que los anticonceptivos no alteran significativamente a los biomarcadores de inflamación y fatiga, aunque su efecto puede ser menor en comparación con el ciclo menstrual natural (15).

Hormonas anticonceptivas, laxitud y riesgo de lesión:

- Ligamento y tejido conectivo: el estrógeno afecta a la laxitud articular, incrementando el riesgo de lesiones de ligamento (por ejemplo, LCA) en mujeres eumenorreicas. Los anticonceptivos estabilizan los niveles hormonales, reduciendo este riesgo, especialmente en deportistas propensas a fluctuaciones hormonales.
- Investigaciones recientes han planteado que las lesiones no siempre están directamente relacionadas con las fluctuaciones hormonales. En un estudio longitudinal que analizó a un equipo de fútbol femenino durante 3 temporadas (593 ciclos menstruales), se observó que las lesiones ocurrían predominantemente en las fases finales del ciclo. Estas lesiones, principalmente musculares o ligamentosas y ocurridas sin contacto, podrían atribuirse a factores externos como

errores en la gestión de cargas de entrenamiento, más que a cambios hormonales per se (17).

Además, el pico de estrógeno durante la fase ovulatoria aumenta la laxitud de los tejidos, lo que puede predisponer a lesiones. Este fenómeno es particularmente relevante en deportes de equipo, donde movimientos explosivos o cambios rápidos de dirección incrementan el riesgo de lesiones en los ligamentos. Una de las lesiones más comunes asociadas con este periodo es la ruptura de ligamento cruzado anterior (LCA), cuya incidencia en mujeres es hasta tres veces mayor que en hombres. Este aumento de riesgo podría estar vinculado tanto a factores hormonales como biomecánicos (17).

El uso de hormonas anticonceptivas parece ofrecer cierto grado de protección contra lesiones. Numerosos estudios han demostrado que las usuarias de AOC tienen un riesgo reducido de lesiones en tejidos blandos, como ruptura de LCA, en aproximadamente un 20%. Esto se atribuye a la disminución en los niveles de estrógeno y, por ende, a una menor laxitud de los ligamentos (18).

En conclusión, mientras que los anticonceptivos hormonales tienen implicaciones directas en la fisiología y el rendimiento de las mujeres, el impacto específico varía según factores individuales y contextuales. Es crucial adoptar un enfoque personalizado en la planificación del entrenamiento y considerar tanto las características hormonales como otros factores externos.

5. Menopausia.

La premenopausia, etapa que precede a la menopausia, representa un período de transición significativo en la vida de las mujeres. Este proceso, que suele prolongarse durante un promedio de cuatro años, se caracteriza por una serie de transformaciones biológicas, hormonales y psicológicas que pueden impactar de manera profunda en la calidad de vida de las mujeres. Durante este tiempo, el eje hipotalámico-ovárico-pituitario, responsable de regular el ciclo menstrual y la actividad reproductiva, experimenta un proceso de cambios constantes. Esto se traduce en alteraciones hormonales más abruptas y marcadas que las ocurridas durante las etapas regulares de la menstruación, lo que hace de este período un desafío tanto para el cuerpo como para la mente de las mujeres (19).

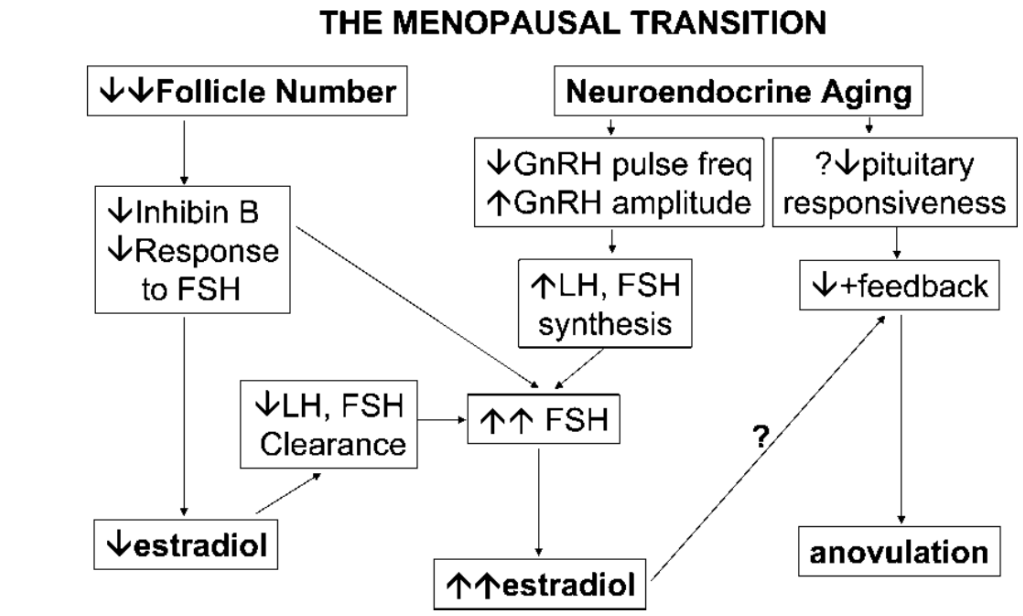

Figura 1. Efectos de la transición menopáusica sobre la respuesta ovárica. Su número contribuye a la disminución de la secreción de estradiol. Abreviaturas: FSH=Hormona Estimulante del Folículo, GnRH=hormona liberadora de gonadotropinas, LH=hormona luteinizante (extraído de Hall, 2007 (19)).

En el transcurso de la premenopausia, uno de los cambios biológicos más destacados es la disminución de la función ovárica. Conforme avanza la edad reproductiva, el número de ovocitos disminuye significativamente, al igual que la cantidad de folículos disponibles en los ovarios. Este descenso tiene una serie de consecuencias directas sobre los niveles hormonales. Por ejemplo, la reducción de los folículos funcionales provoca una disminución de la hormona inhibina B, lo que a su vez reduce la capacidad de la hormona estimulante del folículo (FSH) para actuar de manera efectiva. Este fenómeno se traduce en una caída en los niveles de estradiol, una hormona clave para diversas funciones del organismo femenino (19).

Simultáneamente, se producen cambios en la regulación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), tanto en su pulso como en frecuencia. Como respuesta a estos cambios, se registra un aumento compensatorio en los niveles de la hormona luteinizante (LH) y la síntesis de FSH. Este mecanismo, aunque busca estabilizar los desequilibrios, conlleva un aumento inicial de los niveles de estradiol antes de que finalmente se produzca el cese de la ovulación. La disminución de la actividad ovárica culmina en la interrupción completa del ciclo menstrual, marcando el inicio de la menopausia (19).

Los cambios hormonales descritos tienen un impacto notable no solo en el funcionamiento biológico del cuerpo, sino también en la esfera psicológica y emocional. Durante esta etapa, muchas mujeres reportan un aumento de la vulnerabilidad psicológica, con una mayor prevalencia de trastornos como la ansiedad y la depresión. Esta susceptibilidad se debe, en gran parte, a las fluctuaciones en los niveles de estradiol, una hormona que desempeña un papel crucial en la regulación del estado de ánimo, la temperatura corporal y la cognición a través de su acción en ciertas regiones cerebrales. Factores como antecedentes de sensibilidad a los cambios hormonales, estrés, alteraciones del sueño, y síntomas vasomotores (sofocos y sudores nocturnos) contribuyen al riesgo de padecer problemas psicológicos de depresión.

La migraña es más frecuente en mujeres que en hombres, y el 17% de todas las mujeres cumplen los criterios de diagnóstico de migraña. En las mujeres, la frecuencia de los ataques de migraña muestra variaciones a lo largo del ciclo menstrual y el embarazo, y el uso de anticonceptivos hormonales combinados (AHC) o terapia de reemplazo hormonal (TRH) puede modificar la enfermedad migrañosa. En la población general, entre el 18 y el 25% de las mujeres que padecen migraña presentan una asociación menstrual de su dolor de cabeza. La prevalencia de la migraña durante la infancia es similar en niños y niñas, pero después de la pubertad, aumenta de manera diferente entre sexos y se torna de dos a tres veces más frecuente en mujeres que en hombres, y el 17 % de todas las mujeres cumplen los criterios de diagnóstico de migraña.

En la vida femenina, el patrón clínico de la migraña está vinculado a los hitos reproductivos con un aumento alrededor de la pubertad, un pico durante la edad fértil y una disminución después de la menopausia (20). La relación entre los estrógenos y la migraña se documentó por primera vez en 1972, cuando Somerville demostró que la administración intramuscular de valerato de estradiol, un éster precursor del 17 β-estradiol (E2), antes de la menstruación, retrasaba la aparición de migrañas. menstruales en mujeres con esta condición. En contraste, la inyección de progesterona no mostró el mismo efecto. Tras un periodo de administración de estrógenos exógenos, se identificó un umbral de niveles circulantes de estradiol (E2) de entre 45 y 50 pg/mL, por debajo del cual se desencadenaban de manera notable las migrañas. La existencia de este umbral estrogénico fue confirmada posteriormente en estudios con mujeres posmenopáusicas que utilizaban terapia hormonal sustitutiva (THS) tras recibir inyecciones intramusculares de E2. Estos hallazgos sugieren que las migrañas asociadas a la menstruación podrían estar relacionadas con un efecto de abstinencia de estrógenos.

Los estrógenos pueden modular la actividad de varios sistemas de neurotransmisores involucrados en la fisiopatología de la migraña y las vías de la red del dolor (20).

Los síntomas psicológicos se ven aumentados por la incidencia de alteraciones del sueño, un problema común en la premenopausia. Las mujeres suelen experimentar dificultades para conciliar y mantener el sueño, lo que se relaciona con la presencia de sofocos y sudores nocturnos. Estas interrupciones frecuentes del descanso pueden agravar los cambios de humor y contribuir a un deterioro generalizado de la calidad de vida (21)
Tal y como se expondrá a lo largo de este capítulo, el realizar actividad física regular y el tener una alimentación equilibrada puede mejorar notablemente el impacto tanto de problemas psicológicos como en la calidad del sueño. Estos dos factores (alimentación y actividad física) son los que más van a mejorar los cambios producidos durante la etapa de la menopausia (21).

Además de los efectos hormonales, la premenopausia coincide con cambios físicos relacionados con el envejecimiento biológico y cronológico. Por ejemplo, se ha observado una reducción en la fuerza de prensión manual, lo que puede dificultar ciertas actividades de la vida diaria. Aunque este deterioro funcional no está directamente vinculado con las hormonas, sino con el proceso natural de envejecimiento, su combinación con los efectos hormonales puede acentuar los desafíos que enfrentan las mujeres en esta etapa (22)
En la mediana edad se produce un envejecimiento reproductivo asociado a un declive en la funcionalidad física de las mujeres. Este declive de funcionalidad física debe ser tratado por profesionales, siendo esencial la actividad física regular como medio para ello (22).

5.1. Terapia de reemplazo hormonal: riesgos y beneficios.

Un tema central en el manejo de los síntomas de la premenopausia y la menopausia es el uso de la terapia de reemplazo hormonal (TRH). Este tratamiento, ampliamente utilizado, implica la administración de estrógenos solos o en combinación con progesterona para aliviar los síntomas y mejorar la calidad de vida de las mujeres. Sin embargo, el suministro de hormonas como solución a los diversos cambios que se producen en esta etapa no está exento de controversias debido a los riesgos asociados a su uso.

El tratamiento con estrógenos combinados con progesterona ha demostrado aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares, como problemas en la arteria coronaria, así como el riesgo de cáncer de mama. Por otro lado, la ingesta de estrógenos aislados se asocia con un menor riesgo de estas enfermedades, lo que podría interpretarse como un beneficio importante para algunas mujeres (23)

La literatura científica también ha señalado otros efectos secundarios relacionados con la TRH. Por ejemplo, ambos tratamientos incrementan el riesgo de embolias pulmonares, aunque en menor grado con los estrógenos aislados.

En cuanto a la salud ósea, ambos tratamientos se han relacionado con una reducción del riesgo de fracturas óseas y de la mortalidad por todas las causas, salvo en el caso de fracturas de cadera, cuyo riesgo aumenta con la administración de estrógenos. En cuanto al riesgo de diabetes, tanto los estrógenos solos como combinados con progesterona parecen ofrecer un efecto protector (23).

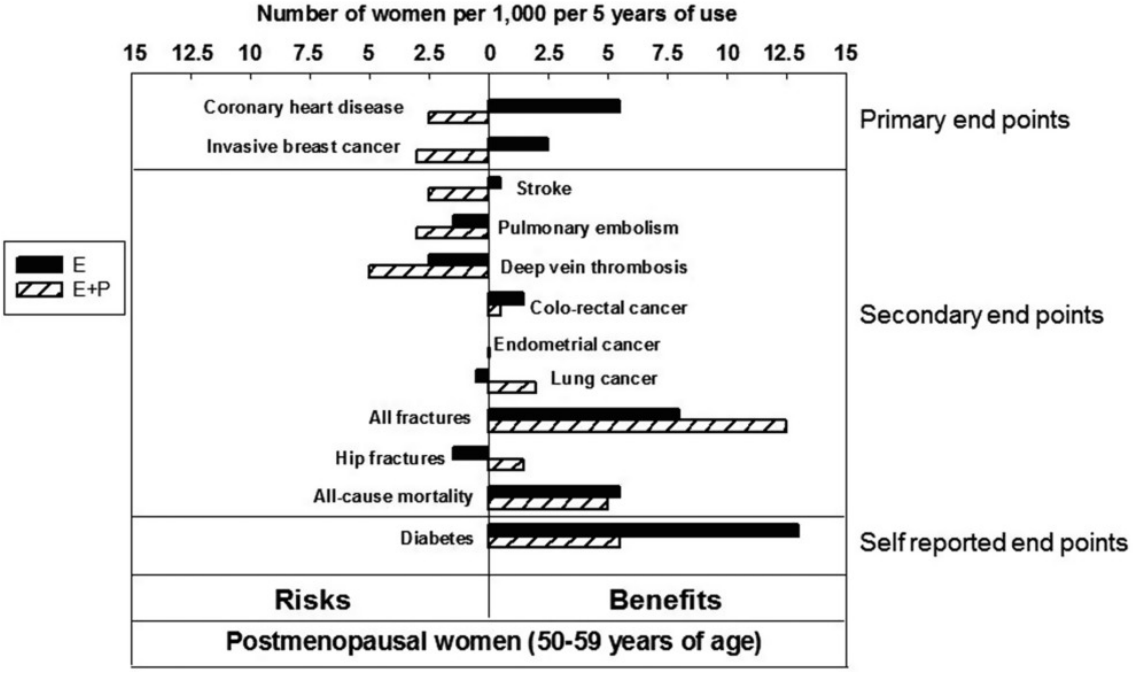

Figura 5. Resumen actualizado de los efectos del estrógeno equino conjugado administrado por vía oral solo (E) o combinado con acetato de medroxiprogesterona (E+P) en mujeres de 50 a 59 años durante las fases de intervención y pos-intervención de la Iniciativa de salud de la mujer (extraído de Santen et al., 2014 (24)).

5.2. Papel del estilo de vida y alimentación.

A pesar de los beneficios que puede ofrecer la TRH en cuanto a aliviar los cambios ocurridos en la menopausia, los efectos secundarios asociados subrayan la importancia de adoptar estrategias complementarias para su alivio, como la actividad física regular y una alimentación equilibrada. La evidencia científica es clara en cuanto a los beneficios de estas medidas en la atenuación de los síntomas de la menopausia.

La alimentación debe formar una dieta equilibrada que incluya macronutrientes con hidratos de carbono, grasas saludables y proteínas de alta calidad principalmente, micronutrientes como calcio y vitamina D para mejorar la salud ósea y otros elementos como hierro, y si fuese necesario, podrían añadirse suplementos específicos para solucionar ciertos problemas nutritivos (25).

La actividad física provoca grandes beneficios a lo largo de la vida, pero en esta etapa en específico es esencial. Una mujer que esté atravesando este proceso, está capacitada para realizar cualquier tipo de actividad física y cada tipo de entrenamiento va a aportar una serie de beneficios a este proceso de cambios. Ejercicios aeróbicos como caminar, correr o nadar, pueden mejorar la densidad mineral ósea y la salud cardiovascular. Estos dos aspectos son ejemplos de posibles problemas que se suelen dar por la ingesta de progesterona y estradiol, como mencionamos anteriormente. Entrenamiento de fuerza mejora la fuerza y masa muscular, lo que mejora la funcionalidad física de las mujeres en gran medida. Ejercicios de flexibilidad y relajación como por ejemplo yoga o pilates pueden reducir el estrés en esta etapa, además de mejorar la movilidad articular y general de las mujeres, algo muy necesario en la menopausia.

El ejercicio físico no solo mejora la salud cardiovascular y ósea, sino que también contribuye a mejoras de otros factores como la regulación del estado de ánimo o la mejora de la calidad del sueño.

La combinación de actividad física regular, una nutrición adecuada y, cuando sea necesario, suplementación, es esencial para llevar una menopausia lo más estable y saludable posible. Estas acciones no solo previenen complicaciones, sino que también mejoran el bienestar general y la calidad de vida en esta etapa (25).

6. Conclusión.

La menopausia es una etapa compleja pero natural en la vida de las mujeres, marcada por profundos cambios que van más allá de lo fisiológico. Si bien el tratamiento hormonal puede ser una herramienta valiosa en ciertos casos, la prevención mediante un estilo de vida saludable y el uso de tecnologías de monitoreo ofrecen alternativas significativas para aliviar los cambios de esta transición.

En la actualidad, la tecnología puede desempeñar un papel clave en el manejo de los síntomas de la menopausia. Existen numerosas aplicaciones diseñadas para registrar y monitorear los ciclos hormonales de las mujeres. Estas herramientas permiten identificar patrones y correlacionar cambios hormonales con alteraciones en el estado físico y emocional. Una monitorización adecuada puede ayudar a las mujeres y a los profesionales de la salud a anticipar y manejar los síntomas, reduciendo así la incidencia de comportamientos depresivos o ansiosos.

Es muy importante aclarar que la menopausia posee grandes diferencias entre sujetos, es decir, casi ningún proceso es igual al de otra mujer. Esto nos hace plantear que el seguimiento y la monitorización de dicho proceso debe ser totalmente individual, y no es bueno ni comparar unos procesos con otros ni usar obligatoriamente los mismos medios para aliviar estos cambios en la vida de las mujeres.

Esto es más importante aun cuándo somos entrenadores de una atleta. Hay que saber que los cambios que se producen tanto fisiológicamente como psicológicamente van a acarrear cambios en la deportista, por lo que la monitorización y los cambios en los entrenamientos cuándo sea necesario son esenciales y debe ser absolutamente individual.

Bibliografía.

1. Oosthuyse T, Strauss JA, Hackney AC. Understanding the female athlete: molecular mechanisms underpinning menstrual phase differences in exercise metabolism. Vol. 123, European Journal of Applied Physiology. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2023. p. 423–50.
2. Cienfuegos S, Corapi S, Gabel K, Ezpeleta M, Kalam F, Lin S, et al. Effect of Intermittent Fasting on Reproductive Hormone Levels in Females and Males: A Review of Human Trials. Vol. 14, Nutrients. MDPI; 2022.
3. Exercise Physiology. Nutrition, Energy, And Human Performance By William D. Mc Ardle, Frank I. Katch, Victor L. Katch (z Lib.org) Compressed : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive [Internet]. [cited 2025 Mar 6]. Available from: https://archive.org/details/exercise-physiology.-nutrition-energy-and-human-performance-by-william-d.-mc-ard/page/n7/mode/2up
4. Berg JM, Tymoczko JL, Gatto Jr. GJ, Stryer L. Biochemistry. 8th ed. W.H. Freeman & Company, editor. New York, NY; 2015.
5. Tarnopolsky MA. Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2008 [cited 2025 Mar 6];40(4):648–54. Available from: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2008/04000/sex_differences_in_exercise_metabolism_and_the.10.aspx
6. Manolopoulos KN, Karpe F, Frayn KN. Gluteofemoral body fat as a determinant of metabolic health. International Journal of Obesity 2010 34:6 [Internet]. 2010 Jan 12 [cited 2025 Mar 6];34(6):949–59. Available from: https://www.nature.com/articles/ijo2009286
7. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, de Jonge XAKJ, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. Sports Medicine. 2021 May 16;51(5):843–61.
8. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, de Jonge XAKJ, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. Sports Med [Internet]. 2021 May 1 [cited 2025 Mar 6];51(5):843. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8053180/
9. Rogan MM, Black KE. Dietary energy intake across the menstrual cycle: a narrative review. Vol. 81, Nutrition Reviews. Oxford University Press; 2023. p. 869–86.
10. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Med [Internet]. 2020 Oct 1 [cited 2025 Mar 6];50(10):1813. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7497427/
11. Wang H, Li J, Chen L, He L. Do women's natural hormonal fluctuations modulate prosociality? A within-subject analysis. Psychoneuroendocrinology. 2022 Apr 1;138.
12. Puts DA, Bailey DH, Cárdenas RA, Burriss RP, Welling LLM, Wheatley JR, et al. Women's attractiveness changes with estradiol and progesterone across the ovulatory cycle. Horm Behav. 2013 Jan;63(1):13–9.
13. Hackney AC. Menstrual Cycle Hormonal Changes and Energy Substrate Metabolism in Exercising Women: A Perspective. Int J Environ Res Public Health

[Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2025 Mar 6];18(19). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34639326/
14. Vogel K, Larsen B, McLellan C, Bird SP. Female Athletes and the Menstrual Cycle in Team Sports: Current State of Play and Considerations for Future Research. Sports. 2023 Dec 21;12(1):4.
15. Elliott-Sale KJ, Minahan CL, de Jonge XAKJ, Ackerman KE, Sipilä S, Constantini NW, et al. Methodological Considerations for Studies in Sport and Exercise Science with Women as Participants: A Working Guide for Standards of Practice for Research on Women. Sports Medicine. 2021 May 1;51(5):843–61.
16. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. 2020 Oct 13;50(10):1813–27.
17. Flood TR, Clausen E, Kuikman MA, Smith E, McKay AKA, Burke LM, et al. Auditing the representation of hormonal contraceptives in studies assessing exercise performance in women. J Sports Sci. 2024 May 2;42(9):825–39.
18. Martin D, Sale C, Cooper SB, Elliott-Sale KJ. Period Prevalence and Perceived Side Effects of Hormonal Contraceptive Use and the Menstrual Cycle in Elite Athletes. Int J Sports Physiol Perform. 2018 Aug 1;13(7):926–32.
19. Hall J. Neuroendocrine Changes with Reproductive Aging in Women. Semin Reprod Med. 2007 Sep;25(5):344–51.
20. Nappi RE, Tiranini L, Sacco S, De Matteis E, De Icco R, Tassorelli C. Role of Estrogens in Menstrual Migraine. Vol. 11, Cells. MDPI; 2022.
21. Soares CN. Depression in Peri- and Postmenopausal Women: Prevalence, Pathophysiology and Pharmacological Management. Drugs Aging. 2013 Sep 26;30(9):677–85.
22. Kilpi F, Soares AG, Clayton GL, Fraser A, Welsh P, Sattar N, et al. Changes in women's physical function in mid-life by reproductive age and hormones: a longitudinal study. BMC Womens Health. 2022 Nov 24;22(1):473.
23. Ward K, Deneris A. An Update on Menopause Management. J Midwifery Womens Health. 2018 Mar 9;63(2):168–77.
24. Santen RJ, Stuenkel CA, Burger HG, Manson JE. Competency in Menopause Management: Whither Goest the Internist? https://home.liebertpub.com/jwh [Internet]. 2014 Apr 7 [cited 2025 Mar 6];23(4):281–5. Available from: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jwh.2014.4746
25. Herrera S, Silvia[1] A, Maldonado[2] AN. Actividad física, nutrición y suplementación durante la menopausia y el climaterio ARTÍCULO.

CAPÍTULO 4

EL CICLO MENSTRUAL Y RENDIMIENTO DEPORTIVO ¿MODA O NUEVA REALIDAD? EVALUACIÓN Y MONITORIZACIÓN

Autores:
Carlos Lago Fuentes
Francisco Javier Girón Pradas
Carmen Bonache Castillo
Francisco Javier Mayo Ocaña
Jose Antonio Carrasco Sánchez

1. Contextualización.

En pleno año 2024, el ciclo menstrual es un tema tabú en el ámbito del deporte. Es un tema que no se ha tenido en cuenta, pero cada vez más las mujeres manifiestan la regla, ya se está rompiendo el tabú y expresan lo que sienten.

Por ejemplo, según un reporte de la BBC News Mundo, la nadadora china Fu Yuanhui en Rio 2016 declaró:

- "No nadé lo suficientemente bien esta vez", y se disculpó con sus compañeras.
- "Es porque me llegó el periodo ayer, así que me sentí particularmente cansada (...) pero esta no es la razón. No nadé lo suficientemente bien".

Solo un 6% de los estudios realizados van dedicados únicamente a la mujer. Por ello, tanto investigadores como profesionales deben ser conscientes de la actual brecha de datos según el sexo en la literatura actual (1).

En cuanto a la investigación sobre el ciclo menstrual y su influencia en el deporte, desde hace 50 años ya encontramos literatura científica. No es hasta los últimos 10 años aproximadamente cuando se empieza a invertir más en la investigación, hasta convertirse en un tema puntero en investigación del deporte.

2. Fisiología del ciclo menstrual

No se sabe cuál es la señal exacta que desencadena la pubertad. Se piensa que es consecuencia de una compleja interacción de influencias genéticas, hormonales y metabólicas (2).

El cambio más importante es la reactivación del eje hipotálamo hipofisario-gonadal y junto a él se activa el eje del crecimiento. Previamente, se han producido cambios madurativos en las glándulas suprarrenales y tiroides. Las concentraciones de estrógenos y de LH (hormona luteinizante) no empiezan a aumentar hasta los 9-12 años de edad. El inicio puberal y la aparición de la menarquia están influenciados por el nivel socioeconómico, origen geográfico, exposición a sustancias u otros factores ambientales, influencias genéticas, factores psicológicos y ejercicio físico.

El ciclo menstrual normal es el resultado de la interacción entre hipotálamo, hipófisis, ovarios y útero: representa una relación compleja entre la secreción hormonal y los eventos fisiológicos que preparan el cuerpo para una futura gestación.

La menstruación es la fase de descamación mensual fisiológica periódica de la mucosa del endometrio, que se necrosa, exfolia y desprende, debido a la deprivación hormonal, siendo expulsados sus restos por la vagina, junto a sangre, moco y células vaginales. El conocimiento de estos cambios cíclicos es de gran importancia, ya que constituyen la base de un método indirecto para valorar la función endocrina del ovario.

El ciclo menstrual normal confirma la normalidad de una joven (en la mayoría de los casos) respecto a su futura salud sexual y reproductiva y debe considerarse un signo vital, casi tan importante como el pulso, la respiración o la presión arterial. El ciclo menstrual normal es de 28 +/-7 días, la duración del período de sangrado de 4'5 a 8 días, la cantidad

de fluido menstrual entre 30 ml y 80 ml por ciclo y el intervalo de tiempo entre dos menstruaciones oscilaría entre 24 y 38 días (percentiles 5 y 95).
Según algunos autores, deberían considerarse normales ciclos entre 21 y 45 días en las adolescentes, pero según otros, ello podría retrasar el diagnóstico de algún caso patológico (2).

3. Fases del ciclo menstrual.

El ciclo menstrual se divide en distintas fases en las cuales cada una cumple su función gracias al accionar de las hormonas (3):

• *Días 1 al 5: fase menstrual.*

Los niveles de estrógeno y progesterona son bajos, como consecuencia, se produce la descomposición y el desprendimiento de las capas superiores del revestimiento uterino (endometrio) y tiene lugar la menstruación.

En esta fase, el nivel de hormona foliculoestimulante aumenta ligeramente y estimula el desarrollo de varios folículos de los ovarios, cada folículo contiene un óvulo. Más tarde en esta fase, a medida que la concentración de hormona foliculoestimulante va 48 disminuyendo, por lo general solo un folículo sigue su desarrollo.

Este folículo produce estrógenos, los niveles de estrógenos aumentan de manera constante. En este intervalo, la capa funcional superficial del grueso recubrimiento endometrial del útero se separa de la pared uterina, este hecho va acompañado de sangrado durante 3 a 5 días. Los tejidos separados y la sangre pasan por la vagina constituyendo el flujo menstrual. La pérdida media de sangre durante estos días es de 50 a 150 ml.

Cuando llega el día 5, los folículos ováricos empiezan a producir más estrógenos. En este momento, la hipófisis aumenta ligeramente su producción de hormona foliculoestimulante, esta hormona estimula el crecimiento de 3 a 30 folículos y cada folículo contiene un óvulo. Más tarde, en esta misma fase, a medida que los niveles de esta hormona disminuyen, solo uno de dichos folículos (llamado folículo dominante) continúa creciendo. Tras este proceso comienza la producción de estrógenos, y los demás folículos estimulados inician su descomposición. El aumento de los estrógenos también comienza a preparar el útero y estimula la producción de hormona luteinizante.

• *Días 6 al 12: fase folicular.*

Estimulada por niveles de estrógenos en aumento producidos por los folículos en crecimiento de los ovarios, la capa basal del endometrio regenera la capa funcional, se forman glándulas en él y el suministro de sangre endometrial aumenta.
El endometrio se vuelve aterciopelado, espeso y bien vascularizado de nuevo.

• *Días 13-14: fase ovulatoria.*

La ovulación ocurre en el ovario al final de esta fase, como respuesta al aumento repentino de hormona LH en la sangre.

• *Días 15 al 28: fase lútea.*

Los niveles en aumento de progesterona producida por el cuerpo lúteo del ovario actúan sobre el endometrio lleno de estrógenos y aumentan su suministro de sangre aún más. Descienden las concentraciones de las hormonas luteinizante y foliculoestimulante. El folículo roto se cierra después de liberar el óvulo y forma el cuerpo lúteo, que produce progesterona. Durante la mayor parte de esta fase, la concentración de estrógenos es alta. La progesterona y los estrógenos provocan un mayor engrosamiento del endometrio, que se prepara para una posible fertilización.

Si el óvulo no se fertiliza, el cuerpo lúteo degenera y deja de producir progesterona, el nivel de estrógenos disminuye, se descomponen y desprenden las capas superiores del revestimiento, y sobreviene la menstruación (el inicio de un nuevo ciclo menstrual).

La progesterona también hace que las glándulas del endometrio aumenten de tamaño y empiecen a secretar nutrientes a la cavidad uterina, estos nutrientes alimentarán al embrión en desarrollo (si lo hay) hasta que éste se haya implantado. Si hay fertilización, el embrión producirá una hormona muy similar a la LH que hace que el cuerpo lúteo siga produciendo sus hormonas. Si no hay fertilización, el cuerpo lúteo empieza a degenerar hacia el final de este periodo a medida que disminuyen los niveles de LH en sangre. La falta de hormonas ováricas en la sangre hace que los vasos sanguíneos que nutren la capa funcional del endometrio sufran espasmos y se retuerzan. Al ser desprovistas de oxígeno y nutrientes, esas células endometriales empiezan a morir, lo que hace que la menstruación comience de nuevo en el día 28. Aunque esta explicación presupone un ciclo clásico de 28 días, la duración del ciclo menstrual es muy variable, puede durar sólo 21 días o incluso 40. (3)

Resumen hormonas que participan en el ciclo menstrual (3).

- Luteinizante: Tiene la función de regular el sistema reproductor y endocrino, responsable de desencadenar la ovulación a la mitad del ciclo menstrual, estimula la secreción de estrógenos y progesterona
- Foliculoestimulante: Ayuda a controlar el ciclo menstrual, la cantidad varía a lo largo del ciclo menstrual de una mujer y alcanza su máximo justo antes de la ovulación con la estimulación de folículos ováricos. Estimula la secreción de estrógenos y progesterona
- Tirotropina, T3 y T4 Interactúan con los estrógenos y la progesterona, que son hormonas sexuales de la mujer, si la glándula tiroidea no está funcionando bien, posiblemente se verá alterado el ciclo menstrual
- Estrógeno: Los estrógenos preparan el aparato genital femenino para la ovulación y la fecundación. Además, intervienen en el metabolismo de las grasas y el colesterol, disminuyen la tensión arterial. Además, se dividen en:
    - Estrona: se sintetiza en el ovario y en el tejido adiposo a partir de la progesterona. Es la menos abundante.
    - Estriol: se produce a partir de la androsterona y tiene un papel importante durante el embarazo, que es cuando se produce en grandes cantidades, hasta el punto de que en la orina se encuentra en cantidades mil veces mayores que cuando no hay embarazo. Su medición es una prueba habitual durante la gestación, ya que permite evaluar el estado de la placenta y el

feto, con lo que se pueden detectar problemas como la insuficiencia placentaria o el sufrimiento fetal.
    - Estradiol: se sintetiza a partir de la testosterona y es el estrógeno predominante en el organismo femenino durante los años fértiles.
- Progesterona: Actúa durante la segunda parte del ciclo menstrual, parando los cambios endometriales que inducen los estrógenos y estimulando los cambios madurativos, hace que el revestimiento del útero se vuelva más grueso para que un óvulo fertilizado pueda adherirse (implantarse) dentro del útero

Estos estudios dejan claro que el estrógeno mejora la proteostasis muscular y aumenta el contenido de colágeno de los tendones; sin embargo, los beneficios sobre el hueso y el músculo se producen a costa de una menor rigidez del tejido conjuntivo (4).

Evolutivamente, esto tiene sentido, ya que unas articulaciones más laxas y una mejor reparación tras una lesión facilitarían un parto y una recuperación saludables. Sin embargo, a medida que más mujeres participan en deportes, está claro que estos efectos fisiológicos del estrógeno contribuyen a disminuir la potencia y el rendimiento y hacen que las mujeres sean más propensas a sufrir lesiones catastróficas de ligamentos (4).

Con el fin de promover la participación femenina en un estilo de vida activo a lo largo de toda su vida, se necesita más investigación para determinar cómo la nutrición, el entrenamiento y la manipulación hormonal pueden utilizarse para promover un rendimiento óptimo a cualquier edad (4).

4. Tipología y clasificación.

En este capítulo 3 nos centraremos en la tipología del ciclo menstrual. El ciclo menstrual ha sido históricamente estudiado desde una perspectiva fisiológica, pero en las últimas décadas ha adquirido una importancia significativa en áreas como la medicina deportiva y la ginecología clínica. Este enfoque permite clasificar los ciclos menstruales en patrones claramente definidos, como la eumenorrea, amenorrea, oligomenorrea, polimenorrea, dismenorrea, hipermenorrea e hipomenorrea. Estas tipologías no solo reflejan el estado de salud ginecológica, sino que también brindan una visión integral del impacto que los cambios hormonales tienen en otros sistemas del cuerpo humano.

En el ámbito deportivo, la comprensión de la tipología del ciclo menstrual se ha convertido en un tema clave para maximizar el rendimiento y prevenir lesiones o complicaciones derivadas de alteraciones menstruales. Las mujeres atletas están expuestas a demandas físicas extremas que pueden alterar su ciclo menstrual de manera significativa. Condiciones como la tríada de la mujer atleta, que incluye desórdenes alimenticios, disfunción menstrual y baja densidad ósea, han demostrado ser prevalentes en disciplinas de alto rendimiento (5,6). En este contexto, una clasificación precisa del ciclo menstrual permite a los entrenadores, médicos y las propias deportistas ajustar las cargas de entrenamiento y garantizar un enfoque de salud integral (7).

Además, las alteraciones en los patrones menstruales pueden ser un indicador temprano de problemas subyacentes más graves, como la insuficiencia energética relativa en el deporte (RED-S, por sus siglas en inglés). Reconocer y tratar estas alteraciones a tiempo

no solo mejora la calidad de vida de las atletas, sino que también prolonga sus carreras deportivas (8,9).

4.1. Eumenorrea: El Ciclo Normal.

La eumenorrea describe un ciclo menstrual regular, con una duración entre 24 y 38 días y un sangrado de 4 a 8 días (10). Este patrón representa una función adecuada del eje hipotalámico-hipofisario-ovárico y es un indicador de salud reproductiva óptima. En el contexto deportivo, la eumenorrea se asocia con un menor riesgo de lesiones óseas y trastornos metabólicos, ya que garantiza niveles adecuados de estrógenos necesarios para la salud ósea (11). Estudios recientes indican que las atletas con eumenorrea presentan una mayor consistencia en su rendimiento físico debido a la estabilidad hormonal (12).

4.2. Amenorrea: La Ausencia de Menstruación.

La amenorrea puede clasificarse en primaria y secundaria:

- Amenorrea primaria: Se diagnostica cuando una mujer no ha presentado su primera menstruación a los 15 años. Las causas comunes incluyen anomalías genéticas, como el síndrome de Turner, o trastornos del desarrollo gonadal (13).
- Amenorrea secundaria: Se define como la ausencia de menstruación en una mujer previamente menstruante durante más de tres ciclos consecutivos. En el deporte, esta condición está altamente relacionada con la tríada de la mujer atleta, que incluye desórdenes alimenticios, disfunción menstrual y baja densidad ósea (9).

Estudios han demostrado que hasta el 69 % de las atletas de élite pueden experimentar amenorrea secundaria debido a desequilibrios energéticos causados por entrenamientos intensos y una ingesta calórica insuficiente (6,7).

4.3. Oligomenorrea: Ciclos Menstruales Infrecuentes.

La oligomenorrea se refiere a ciclos menstruales con intervalos superiores a 35 días pero inferiores a 90 días. Este patrón es común entre mujeres deportistas debido al estrés físico prolongado, que puede alterar el eje hipotalámico-hipofisario-ovárico (5). La oligomenorrea a menudo es un precursor de la amenorrea en atletas y puede ser indicativa de un déficit energético relativo en el deporte (RED-S) (10).

4.4. Polimenorrea: Ciclos Menstruales Frecuentes.

La polimenorrea se caracteriza por intervalos menores a 24 días entre ciclos. Aunque menos común en mujeres deportistas, puede estar relacionada con insuficiencia lútea, anovulación o disfunciones hormonales secundarias al sobreentrenamiento. Esta condición puede ser debilitante en deportes de resistencia, ya que los ciclos frecuentes pueden provocar anemia ferropénica y reducir la capacidad aeróbica (11).

4.5. Dismenorrea: Dolor Menstrual.

La dismenorrea se clasifica en dos tipos:

- Primaria: Asociada a niveles elevados de prostaglandinas, que generan contracciones uterinas intensas. Este tipo afecta entre el 50 % y el 90 % de las

mujeres en edad reproductiva y puede disminuir significativamente el rendimiento deportivo durante los días de dolor intenso (12).

- Secundaria: Relacionada con condiciones como la endometriosis o la adenomiosis. Las atletas con dismenorrea secundaria pueden experimentar una mayor interferencia en sus entrenamientos debido a síntomas crónicos y más severos (13).

El manejo de la dismenorrea incluye estrategias como el uso de anticonceptivos hormonales, que han demostrado ser efectivos para reducir el dolor y mejorar la participación en actividades físicas (14).

4.6. Hipermenorrea e Hipomenorrea: Anomalías en el Volumen de Sangrado.

- Hipermenorrea: Se refiere a sangrados menstruales excesivos, superiores a 80 ml por ciclo o con una duración mayor a 7 días. Las causas más comunes incluyen miomas uterinos y trastornos de la coagulación. En atletas, esta condición puede contribuir a la anemia, reduciendo el rendimiento físico y la capacidad de recuperación (5,10).
- Hipomenorrea: Describe menstruaciones escasas, generalmente asociadas con el uso de anticonceptivos hormonales, insuficiencia ovárica prematura o sinequias uterinas. En deportistas, esta condición puede estar relacionada con adaptaciones al entrenamiento intenso o dietas restrictivas, aunque rara vez afecta directamente el rendimiento (8).

4.7. Anticonceptivos Hormonales y su Impacto en Deportistas.

El uso de anticonceptivos hormonales, tanto combinados como de solo progestina, afecta el ciclo menstrual al modificar la secreción natural de estrógenos y progesterona, suprimiendo la ovulación y alterando el endometrio (6). En deportistas, los anticonceptivos ofrecen beneficios como la regulación del ciclo, reducción del dolor menstrual y manejo del sangrado abundante, pero también pueden influir en el rendimiento deportivo debido a sus efectos fisiológicos.

- Anticonceptivos combinados: Estos incluyen estrógenos y progestina y se administran en esquemas monofásicos, bifásicos o trifásicos. Estudios indican que los anticonceptivos monofásicos, que mantienen niveles constantes de hormonas, son útiles para minimizar las fluctuaciones hormonales y pueden mejorar la consistencia en el rendimiento deportivo (9).
- Anticonceptivos de solo progestina: Incluyen píldoras, inyecciones y dispositivos intrauterinos (DIU). Aunque tienen menos impacto en el control del ciclo, suelen ser preferidos por su menor influencia en la retención de líquidos, lo que podría beneficiar a deportistas en disciplinas de resistencia (11).

Los impactos fisiológicos de los anticonceptivos incluyen efectos sobre la termorregulación, la utilización de sustratos energéticos y la capacidad aeróbica. Por ejemplo, algunos estudios sugieren que la progesterona presente en ciertos anticonceptivos podría aumentar la temperatura basal y afectar la tolerancia al calor durante competiciones prolongadas (13,14).

5. Implicaciones Clínicas y en el Entrenamiento.

La clasificación del ciclo menstrual tiene implicaciones importantes no solo para las atletas de élite, sino también para mujeres que practican actividad física con fines recreativos o de salud. En las deportistas profesionales, comprender las variaciones en los patrones menstruales es esencial para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones. Por ejemplo, la amenorrea y la oligomenorrea en atletas están asociadas con un mayor riesgo de fracturas por estrés debido a la pérdida de densidad ósea causada por niveles bajos de estrógenos (10,12).

En mujeres que realizan ejercicio regular como parte de un estilo de vida saludable, la tipología del ciclo menstrual sirve como una herramienta de monitorización para identificar desequilibrios entre las demandas físicas y la capacidad de recuperación del cuerpo. Por ejemplo, las mujeres que experimentan dismenorrea pueden beneficiarse de una planificación de entrenamientos que reduzca la intensidad durante los días de mayor dolor, permitiéndoles mantener la adherencia al ejercicio sin comprometer su bienestar (5,6).

La polimenorrea, aunque menos común, puede ser un desafío tanto en mujeres deportistas como en aquellas que realizan ejercicio recreativo. Los ciclos menstruales frecuentes pueden generar anemia ferropénica, lo que afecta la capacidad aeróbica y disminuye el rendimiento físico. Las intervenciones personalizadas, como la suplementación de hierro y el ajuste de las cargas de entrenamiento, pueden ser efectivas para manejar esta condición (9).

Además, la hipermenorrea, caracterizada por sangrados menstruales excesivos, puede ser debilitante en términos de energía física y psicológica. Esto es particularmente relevante para las mujeres que combinan entrenamientos regulares con una carga laboral o académica significativa. Estrategias como el uso de anticonceptivos hormonales han demostrado ser efectivas para reducir el volumen de sangrado y mejorar la calidad de vida (11).

Por otro lado, la eumenorrea representa el ciclo menstrual ideal y refleja un equilibrio saludable entre la actividad física, la nutrición y el descanso. Las mujeres con ciclos regulares suelen experimentar un mejor rendimiento deportivo y una menor incidencia de lesiones relacionadas con la densidad ósea (7). Para aquellas que practican ejercicio recreativo, mantener un ciclo eumenorreico indica que las demandas físicas del entrenamiento están bien alineadas con las capacidades del cuerpo, favoreciendo tanto el bienestar general como la mejora de la condición física.

5.1. Educación y Monitorización del Ciclo Menstrual.

En el ámbito clínico, los profesionales de la salud y entrenadores deben trabajar conjuntamente para incorporar la tipología del ciclo menstrual en la planificación y evaluación de programas de ejercicio. Esto incluye la implementación de estrategias de monitorización continua, como calendarios menstruales y evaluaciones hormonales, que permitan ajustar las cargas de trabajo físico según las necesidades individuales (12,13).
Finalmente, promover la educación sobre la relevancia de los patrones menstruales en el ejercicio y el deporte es fundamental para empoderar a las mujeres y ayudarlas a tomar decisiones informadas sobre su salud y rendimiento. Entender cómo el ciclo menstrual

afecta el cuerpo puede fomentar una mayor adherencia al ejercicio, mejorar la autoestima y reducir el estigma asociado con los síntomas menstruales (5,14).

6. Las fases del ciclo menstrual

En este capítulo exploramos las diferentes fases del ciclo menstrual y abordamos las diferentes perspectivas científicas sobre su clasificación. A continuación, explicaremos estas fases, en relación a los hitos fisiológicos que suceden en cada una de ellas, cómo se clasifican y por qué son tan importantes para comprender el funcionamiento del cuerpo femenino.

Fase menstrual:

La fase menstrual es el inicio visible del ciclo, los días en los que el cuerpo expulsa el revestimiento del útero que no se utilizó. El sangrado es el resultado del desprendimiento del endometrio que se había preparado durante el ciclo anterior para una posible implantación. En esta etapa, las hormonas como el estrógeno y la progesterona están en su nivel más bajo, y el cuerpo comienza a liberar la hormona foliculoestimulante (FSH) que actúa sobre los ovarios para estimular el desarrollo de un grupo de folículos ováricos. Esos días de sangrado pueden venir acompañados de molestias, pero son una señal de que todo está funcionando como debería. Es común sentir fatiga y algo de incomodidad durante esta fase debido a la pérdida de sangre y nutrientes esenciales (15).

Fase folicular:

La fase folicular se desarrolla a medida que los niveles de FSH aumentan, estimulando el crecimiento de múltiples folículos en los ovarios. Uno de estos folículos se convierte en dominante, mientras que los demás sufren atresia (los demás folículos no alcanzan la madurez para liberar un óvulo). El folículo dominante comienza a secretar estrógeno, que desencadena varios efectos en el cuerpo de la mujer: favorece el engrosamiento del endometrio para prepararlo para una posible implantación y estimula un incremento en la hormona luteinizante (LH) que culminará en la ovulación. El estrógeno es conocido por ser una hormona anabólica, lo que explica por qué muchas mujeres experimentan mayor energía y capacidad para esfuerzos físicos durante esta fase (16). En este punto, los niveles hormonales permiten también una mayor sensibilidad a la insulina, optimizando el uso de glucosa como fuente de energía. Esta es la razón por la que esta fase del ciclo es idónea para actividades que requieran fuerza y resistencia (17).

Fase ovulatoria:

La ovulación es el gran evento del ciclo, donde el óvulo maduro se libera del folículo dominante hacia las trompas de Falopio. Este proceso ocurre gracias a un pico en la hormona LH, generalmente entre 24 y 48 horas antes de la ovulación. Durante esta fase, los niveles de estrógeno comienzan a disminuir, mientras que la progesterona aún no ha alcanzado niveles significativos. Este es el momento de mayor fertilidad del ciclo, y algunas mujeres pueden notar ligeros síntomas como un aumento del flujo cervical o un pequeño dolor abdominal (18).

Fase lútea:

Después de la ovulación, el folículo roto se transforma en el cuerpo lúteo, que produce progesterona en grandes cantidades. Esta hormona ayuda a estabilizar el revestimiento uterino para una posible implantación. Si no hay embarazo, el cuerpo lúteo degenera y los niveles de progesterona y estrógeno bajan, lo que desencadena la fase menstrual nuevamente. Durante esta fase, muchas mujeres experimentan síntomas premenstruales como irritabilidad, fatiga o antojos, debido a los cambios hormonales (19). También es una etapa en la que el cuerpo prioriza procesos catabólicos, lo que puede llevar a tener un menor rendimiento físico y una recuperación más lenta tras ejercicios intensos (20).

Clasificaciones adicionales:

En algunos estudios y modelos, se ha propuesto dividir el ciclo en más de cuatro fases. Por ejemplo, dentro de la fase folicular, hay quienes distinguen entre una fase temprana y otra tardía, dependiendo de los niveles de estrógeno, diferenciando los períodos de baja y alta concentración de esta hormona dentro de la fase folicular. También se habla de una fase premenstrual específica dentro de la fase lútea, para describir los días en los que los síntomas emocionales y físicos son más notorios (síndrome premenstrual). Estas divisiones adicionales permiten un análisis más detallado de los cambios que ocurren en el cuerpo (21).

Entender estas fases no solo ayuda a descifrar los cambios fisiológicos que ocurren de manera cíclica, sino que también permite tomar decisiones informadas en diferentes áreas, como el deporte o la salud. Por ejemplo, se ha observado que las mujeres suelen rendir mejor físicamente y tener una mayor capacidad de recuperación durante la fase folicular, cuando el estrógeno está alto. En cambio, la fase lútea puede estar asociada con mayor cansancio y menor capacidad para ejercicios de alta intensidad, debido al predominio de la progesterona (22). Este conocimiento es clave para planificar entrenamientos, identificar síntomas o incluso mejorar el bienestar general.

Herramientas de monitorización:

Saber en qué fase del ciclo se encuentra una mujer es más fácil hoy en día gracias a herramientas como aplicaciones móviles, termómetros basales y test de ovulación. La medición de la temperatura basal del cuerpo es una técnica accesible para identificar la ovulación, ya que la temperatura aumenta ligeramente durante la fase lútea. Los test de ovulación que detectan el pico de LH también son efectivos para determinar el inicio de esta fase (aproximadamente cuando da positivo, la ovulación sucede entre 24-48 horas después). La monitorización del ciclo permite a las mujeres y profesionales ajustar actividades como el entrenamiento deportivo y la planificación laboral según las características individuales del ciclo (16).

Las fases del ciclo menstrual representan un fenómeno fisiológico complejo influenciado por una interacción precisa de hormonas y procesos biológicos. Entender las fases y características no solo nos ayuda a responder mejor a nuestras necesidades físicas y emocionales, sino que también permite personalizar hábitos y actividades para aprovechar al máximo cada etapa del ciclo. Ya sea en el deporte, en la salud o en la vida diaria, esta información es una herramienta poderosa para mejorar la calidad de vida (15).

7. Cómo gestionar el entrenamiento según la fase del ciclo menstrual.

7.1 Fase menstrual.

Durante la fase de sangrado, el cuerpo experimenta una serie de cambios notables (explicados anteriormente) que afectan tanto el rendimiento como la capacidad de recuperación. Con niveles hormonales bajos, esta etapa puede resultar en una mayor susceptibilidad al daño muscular, incluso ante estímulos habituales. Los estudios han demostrado que, al aplicar las mismas cargas que en otras fases, el daño muscular y la fatiga aumentan considerablemente. Esto incluye indicadores como niveles elevados de creatina quinasa (CPK) y dolor muscular de aparición tardía (DOMS: Delayed Onset Muscle Soreness). Por tanto, esta fase requiere un enfoque distinto en el diseño de los entrenamientos (19).

Consideraciones especiales:

- Reducir la intensidad del entrenamiento para minimizar el daño muscular.
- Priorizar cargas moderadas acompañadas de buenos tiempos de recuperación.
- Aprovechar esta etapa para enfocarse en la regeneración activa, permitiendo al cuerpo recuperarse de cargas previas.

7.2. Fase folicular.

En esta fase, el aumento progresivo de estrógenos crea un entorno hormonal altamente favorable para el rendimiento físico. Este periodo, conocido también como la fase anabólica, es ideal para trabajar la fuerza, y estímulos de alta intensidad. Los estudios han mostrado que entrenamientos intensos en esta fase resultan en un incremento significativo en la sección transversal del músculo y una mejora notable en el rendimiento neuromuscular (16). Por ejemplo, protocolos que incluyen tres sesiones de fuerza semanales durante la fase folicular y una durante la fase lútea, demostraron ser más efectivos a nivel de adaptaciones neuromusculares que la propuesta inversa (una sesión en fase folicular y tres en fase lútea).

Resultados clave de los estudios:

- Mejora del rendimiento en ejercicios como salto vertical (CMJ) y press banca.
- Adaptaciones positivas en la musculatura debido a la alineación del entrenamiento con las condiciones hormonales del momento (17).

7.3. Fase ovulatoria.

La ovulación, que dura aproximadamente 48 horas, marca un punto de transición. Aquí se alcanza el pico de la hormona LH y estrógeno, seguido del aumento de progesterona, lo que indica el inicio de la fase lútea. Durante este breve periodo, se recomienda moderar las cargas. Es un buen momento para incorporar entrenamientos centrados en hipertrofia con ejercicios que lleguen al fallo muscular, aprovechando los días cercanos a la ovulación.

Estrategias recomendadas:

- Entrenamientos moderados con énfasis en hipertrofia.

- Adaptaciones específicas para evitar fatiga acumulada mientras se optimiza el rendimiento (18).

7.4. Fase lútea.

Se caracteriza por el predominio de la progesterona, una hormona que reduce la eficacia anabólica del cuerpo y aumenta la propensión a la fatiga. Este entorno catabólico requiere ajustes significativos en el entrenamiento.

Estudios recientes han sugerido que reducir la frecuencia de las sesiones de fuerza en esta etapa (por ejemplo, una vez por semana) y priorizar entrenamientos de resistencia puede ser más beneficioso. La clave aquí es evitar la sobrecarga mientras se mantienen estímulos suficientes para preservar el rendimiento.

Resultados clave:

- Mayores ganancias cardiorrespiratorias en intensidades moderadas.
- Progresos significativos cuando se combinan sesiones de fuerza moderada con un enfoque en resistencia (20).

7.5. Periodización ondulante en base al ciclo menstrual de cada mujer.

A continuación, se plantea un ejemplo teórico para un caso ideal de una atleta eumenorreica con un ciclo de entre 28 a 35 días, en el que se le podría plantear una periodización de la siguiente manera (no obstante, se recuerda que esto debe ser individualizado en relación a la sintomatología y capacidades de cada mujer a lo largo de su vida reproductiva):

Semana 1: Fase Menstrual (Inicio del Ciclo).
Contexto hormonal: Niveles bajos de estrógenos y progesterona.
Entrenamiento: Cargas moderadas con buenos tiempos de recuperación para minimizar el daño muscular y la fatiga, ya que esta fase puede ser más demandante físicamente.

Semana 2: Fase Folicular.
Contexto hormonal: Incremento progresivo de los niveles de estrógenos, con baja progesterona.
Entrenamiento: Trabajo de fuerza con cargas elevadas, aprovechando las propiedades anabólicas del estrógeno que favorecen la recuperación y el rendimiento muscular.

Semana 3: Fase Ovulatoria (Transición).
Contexto hormonal: Pico de estrógeno seguido de un aumento inicial de la progesterona.
Entrenamiento: Enfoque en hipertrofia, con sesiones cercanas al fallo muscular y cargas moderadas. Se adapta a los posibles efectos de la ovulación (como molestias físicas o disminución puntual del rendimiento).

Semana 4: Fase Lútea.
Contexto hormonal: Predominio de la progesterona y descenso de los estrógenos hacia el final de la fase.
Entrenamiento: Resistencia y recuperación. Las cargas son más moderadas y los ejercicios buscan mitigar la fatiga, ya que esta fase es predominantemente catabólica y el

cuerpo presenta menor capacidad de recuperación tras esfuerzos intensos. Este tipo de planificación ha demostrado ser efectivo para maximizar el rendimiento a lo largo de todo el ciclo menstrual, adaptándose a las fluctuaciones hormonales y fisiológicas (22).

8. Ciclo menstrual y evaluación.

Uno de los apartados más importante en nuestro capítulo se va a centrar en la evaluación de este ciclo menstrual para ayudar a la programación del entrenamiento. En definitiva, qué y cómo queremos controlar y evaluar del ciclo menstrual para adaptar el programa de entrenamiento a éste, debido a que, como bien hemos desarrollado anteriormente, la evidencia científica es contundente y las deportistas no pueden tolerar las mismas cargas de entrenamiento en las diferentes fases del ciclo menstrual. Por lo que, ahora, tenemos un gran agente en nuestro programa de entrenamiento que históricamente no ha estado presente en él, pero que cada vez más se está teniendo en cuenta.

Está claro que en el proceso de entrenamiento debemos controlar las diferentes fases del ciclo menstrual que hemos presentado anteriormente, ya que cada una de ellas presentan una diferente sintomatología y condiciones, por lo que el entrenamiento debe variar en función de ellas. Además, el ciclo al durar entre 28-35 días normalmente, estas fases no son fijas, es decir, no suelen durar lo mismo cada ciclo, a no ser que tome anticonceptivos.

Para ello, el ponente nos presenta una serie de parámetros a monitorizar del ciclo menstrual. El primer parámetro es simple y es preguntar si toman anticonceptivos, dado que esto cambia totalmente el ciclo menstrual de una deportista. Posteriormente, se debe monitorizar cada una de las fases de este ciclo; folicular, lútea e, incluye la premenstrual que sería la fase lútea tardía, la cual no siempre estará presente (puede no existir), en la que muchas deportistas se ha demostrado que sienten dolores y sintomatología, que les impide incluso entrenar en muchas ocasiones. Además de todo ello, es importante controlar la regularidad en los ciclos.

Bien, presentado ya los diferentes parámetros que nos son útiles para monitorizar el entrenamiento en función del ciclo menstrual, debemos explicar cómo pueden ser evaluados cada uno de ellos. El primero es evidente, a través de una simple pregunta con respuesta Sí/No. La fase folicular se detecta por el inicio de la menstruación. La fase lútea por el inicio de la menstruación, lo cual podemos evaluar a través de un test de ovulación que no nos costará más de 50 céntimos en cualquier farmacia, además en esta fase aumenta la temperatura corporal 0,5-1ºC. Esta fase termina con el inicio de la menstruación de nuevo, pero, como hemos explicado anteriormente, también podemos detectar una fase previa a la menstruación (premenstrual) en la que aparece sintomatología como dolores o malestar (importante controlar esta fase si apareciera).

Una vez que sabemos cómo podemos evaluar cada una de las fases, hemos de conocer que para su registro y control de la regularidad son muy útiles las apps, que se basan en calendarios dónde se registra tu ciclo y fases. Hay muchas, se recomienda que cada una utilice la que esté acostumbrada y le sea más intuitiva, pero que sea constante en el registro.

Por tanto, ya tenemos un esquema simple de cómo monitorizar el ciclo menstrual, recordar que es simple y muy barato (app y test de ovulación).

Hay que matizar también que lo más ideal en esta monitorización del ciclo menstrual serían las analíticas sanguíneas, las cuáles nos proporcionan los niveles exactos de cada una de las hormonas lo que nos daría una información excelente. El inconveniente es que son muy caras (50-100€), de complicada accesibilidad y contaminantes en el proceso. Por tanto, las opciones que hemos facilitado anteriormente nos serán más fáciles y eficientes de utilizar, además de efectivas.

Por otro lado, para finalizar este apartado de evaluación, queremos subrayar dos aspectos importantes. El primero de ellos, es la necesidad de tener una buena comunicación entre el entrenador/cuerpo técnico y la deportista, con el fin de conocer el estado de ésta constantemente en función de las fases del ciclo. Por lo que, todo lo mencionado anteriormente que debemos evaluar, debe ser comunicado al preparador. Para ello, tenemos diferentes alternativas como tener un drive a modo de diario. Importancia a la confianza y transparencia entre ambos.

Por último, es relevante realizar una evaluación del rendimiento en cada una de las fases del ciclo debido a que se ha demostrado un peor o mejor rendimiento en función de la fase en la que se encuentre, aunque la evidencia es escasa ya que todo lo relacionado con el ciclo menstrual es individualizado. En 2019, Solli et al. demostraron un peor rendimiento y aptitud física de las deportistas de resistencia en deportes de invierno durante la fase de sangrado. Además, indican un conocimiento y educación escaso sobre el ciclo menstrual tanto por las deportistas como por el cuerpo técnico, lo cual es preocupante (20).

9. Ciclo menstrual y entrenamiento deportivo.

En este sexto apartado, nos vamos a centrar ya en los efectos del ciclo menstrual en el entrenamiento. Además, vamos a incluir efectos en el rendimiento a corto plazo y a largo plazo, en base a diferentes estudios científicos. No solo eso, sino que guarda íntima relación con el siguiente apartado en el cual se van a presentar de forma práctica recomendaciones a la hora de entrenar en base al ciclo menstrual, aunque sin ninguna duda, la principal premisa es que hay que individualizar al máximo, debido a que se ha demostrado que el ciclo menstrual es muy variable de una persona a otra y va a presentar características únicas. Por tanto, relacionado con el apartado anterior, la evaluación y seguimiento de este ciclo nos va a permitir monitorizar el entrenamiento de forma individualizada, mejorando este proceso.

Para comenzar, vamos a centrarnos en los efectos en el rendimiento a corto plazo. En este primer estudio, se comparan el rendimiento de mujeres eumenorreicas en función de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentre. El resultado fue que se observa un pequeño detrimento de este rendimiento en la fase de sangrado en comparación con el resto, pero estos resultados no son significantes por lo que se recomienda individualizar (18).

Tampoco se demostraron variaciones en el perfil carga-velocidad en la estimación de la repetición máxima en mujeres físicamente activas, comparando en las diferentes fases del ciclo menstrual. Lo cual nos da más fuerza a nuestra premisa de individualización (23).

Lo mismo sucede en el siguiente estudio con mujeres triatletas en sentadilla, las cuáles no variaron su rendimiento en función de la fase del ciclo menstrual (24). En este otro, tampoco observaron diferencias, en este caso en la pérdida de rendimiento neuromuscular en mujeres eumenorreicas físicamente activas (25).

En cambio, hay otros estudios que respaldan la idea de que sí hay diferencias entre las diferentes fases, como podemos observar en el estudio con mujeres eumenorreicas con experiencia en trabajo de fuerza que presentaron un menor número de repeticiones y mayor fatiga percibida pre y post-sesión durante la fase menstrual (26). Al igual que en el estudio de maratonianas con experiencia que presentan mejor rendimiento durante la fase lútea (27).

Como hemos estudiado anteriormente, sí se han observado algunas diferencias en cuanto a la fatiga percibida en función de la fase del ciclo menstrual. En el estudio anteriormente presentado, se produce un detrimento en la fase folicular, en cambio, en este caso, se demuestra una peor calidad del sueño y fatiga percibida durante la fase lútea (28). Por tanto, esto apoya aún más nuestra premisa de individualización.

Una vez analizados cómo afecta el ciclo menstrual al rendimiento de las deportistas a corto plazo, debemos estudiar cómo afecta al proceso de entrenamiento. En primer lugar, debemos tener claros los síntomas que se pueden producir en la fase premenstrual y menstrual del ciclo, que suelen ser las que presentan sintomatología. Aclarar, que esto es individual y hay deportistas que sufren sintomatología y otras no. Como principales, podemos apreciar como los afectivos parecen más prevalentes, cambios de humor, ansiedad, tensión, irritabilidad. Además, pueden aparecer dolores abdominales (20).

A continuación, vamos a presentar un estudio súper interesante, el cual nos va a hacer ver cómo debemos tener un conocimiento del ciclo menstrual que nos permita poder adaptar el entrenamiento a ello. Se presentan una muestra de 697 deportistas de alto nivel y 208 de bajo nivel y se les estudia si tienen en consideración el ciclo menstrual en su entrenamiento y si adaptan la intensidad y volumen de este. Los resultados fueron claros, conforme mayor nivel tienen las deportistas, mayor adaptación de las cargas de entrenamiento realizan, en cambio, las de menor nivel, apenas lo adaptan. Además, las de mayor nivel adaptan más la intensidad que el volumen de entrenamiento. Por otro lado, es interesante que el 50% de las deportistas de mayor nivel paran el proceso de entrenamiento durante la fase menstrual debido a dolores. Por tanto, debemos reflexionar a partir de este estudio y tener presente que el proceso de entrenamiento debe ser adaptado al ciclo menstrual individual de cada deportista en función de su nivel y de si consumen anticonceptivos o no, debido a que en este estudio también se demostró que las deportistas con su uso mostraron menor dolor y, por tanto, pausa del proceso de entrenamiento a causa del ciclo (16).

Por último, destacar que, como hemos mencionado anteriormente, es importante conocer el ciclo menstrual, cómo afecta al entrenamiento y rendimiento, y tener confianza y comunicación constante con nuestras deportistas. Como analizamos, en este estudio se demuestra la falta de conocimiento y comunicación, lo cual se convierte en una verdadera barrera para la monitorización del entrenamiento (29). Al igual que este otro, que demuestra falta de comunicación, lo que impide conocer mejor los efectos de este ciclo

menstrual en el entrenamiento para aprovecharlos en él. En este caso, se mostró una mejor predisposición al entrenamiento en la fase posterior al sangrado (30).

Para finalizar este apartado del capítulo, señalar que en cuanto al entrenamiento a largo plazo no se ha demostrado ninguna evidencia y hace falta mayor investigación. Sí que hay una premisa clara y es la individualización del ciclo menstrual de nuestras deportistas con el fin de periodizar correctamente. Algunos estudios presentan que hay mayor daño muscular en la fase de sangrado que en el resto de fases (19). Otro estudio interesante compara el rendimiento en press banca y CMJ, en función de una periodización ondulatoria estándar y una periodización ondulatoria según el ciclo menstrual. Ambos grupos obtuvieron resultados positivos pero el grupo que mayores ganancias mostró fue la periodización ondulatoria según ciclo menstrual, lo que apoya aún más la necesidad de individualizar el entrenamiento (22).

Con todo esto, tenemos una amplia biblioteca que nos demuestra la importancia del ciclo menstrual en el entrenamiento deportivo. Aún es una temática en auge, pero ya encontramos ciertas evidencias. Si tuviésemos que resumir, sería dar importancia a la comunicación entre deportista y cuerpo técnico, evaluar el ciclo menstrual y controlarlo, periodizar en función del ciclo menstrual e individualizar el entrenamiento al máximo, en función de cómo se sienta la deportista.

10. Aplicación práctica: modulación de cargas durante el ciclo menstrual.

En el presente capítulo nos centraremos en la modulación de las cargas de entrenamiento durante el ciclo menstrual, que representa una estrategia clave para optimizar el rendimiento de las deportistas y minimizar los riesgos asociados a las fluctuaciones hormonales. Este apartado tiene como objetivo proporcionar una guía práctica basada en evidencia científica, integrando recomendaciones específicas para cada fase del ciclo menstrual.

El ciclo menstrual se divide en cuatro fases principales: menstrual, folicular temprana, ovulatoria y lútea. Cada una de estas etapas está marcada por fluctuaciones en los niveles de estrógeno y progesterona, que impactan de manera directa en la capacidad física y en los procesos de recuperación. La comprensión de estas variaciones permite ajustar las cargas de entrenamiento para potenciar los momentos de mayor rendimiento y reducir la carga en momentos menos favorables.

Durante la fase menstrual, que abarca los primeros cinco días del ciclo, los niveles de estrógeno y progesterona son bajos. Este entorno hormonal suele asociarse con una mayor percepción de fatiga, dolor y menor capacidad de recuperación. Es frecuente que las deportistas experimenten molestias físicas y emocionales, lo que puede influir negativamente en el rendimiento (31). En este contexto, se recomienda reducir la intensidad del entrenamiento al 70-80% de la carga habitual, enfocándose en ejercicios técnicos, movilidad y sesiones regenerativas. Asimismo, deben evitarse los esfuerzos máximos o actividades de alto impacto, para priorizar la recuperación y el bienestar general (33).

En la fase folicular temprana, que se extiende desde el sexto hasta el decimotercer día del ciclo, el aumento progresivo de los niveles de estrógeno genera un entorno anabólico que favorece la capacidad para realizar entrenamientos de alta intensidad. Esta etapa es ideal para incrementar tanto el volumen como la intensidad del entrenamiento, aprovechando la capacidad fisiológica óptima de las deportistas. Sesiones de fuerza con cargas elevadas y ejercicios explosivos pueden ser especialmente beneficiosas durante este periodo. Además, los entrenamientos de alta intensidad intermitente (HIIT) y las pruebas de esfuerzo máximo son estrategias recomendadas para maximizar el rendimiento y las adaptaciones fisiológicas (32).

La fase ovulatoria, que ocurre aproximadamente entre los días 14 y 16 del ciclo, se caracteriza por un pico de estrógeno que potencia la fuerza y la velocidad. Este entorno hormonal es favorable para los entrenamientos de potencia y velocidad, lo que la convierte en una etapa propicia para realizar sesiones enfocadas en estas cualidades. Sin embargo, el incremento en la laxitud ligamentosa asociado a esta fase puede aumentar el riesgo de lesiones, por lo que es esencial incluir ejercicios de propiocepción y estabilización (34). También es importante evitar actividades con cambios bruscos de dirección o aquellas que conlleven un alto riesgo lesivo.

La fase lútea, que abarca desde el día 17 hasta el final del ciclo, se divide en dos subfases: temprana y tardía. En la fase lútea temprana, los niveles de progesterona y estrógeno son elevados, lo que proporciona una respuesta relativamente estable al entrenamiento. Durante este periodo, se recomienda mantener una intensidad moderada-alta con un volumen controlado, priorizando entrenamientos de resistencia aeróbica y fuerza funcional. En la fase lútea tardía, los niveles hormonales comienzan a disminuir, lo que puede generar sensación de fatiga, retención de líquidos y menor eficiencia cardiorrespiratoria (33). En esta etapa, es aconsejable reducir tanto la intensidad como el volumen de entrenamiento, enfocándose en sesiones regenerativas y ejercicios técnicos que permitan a las deportistas recuperarse de manera adecuada.

Un estudio reciente realizado por McNulty et al. (33) examinó los efectos de las diferentes fases del ciclo menstrual en el rendimiento físico de mujeres eumenorreicas. A través de una revisión sistemática y un meta-análisis, los investigadores encontraron que las fases del ciclo menstrual influyen de manera significativa en la percepción de esfuerzo y en la capacidad de realizar entrenamientos de alta intensidad. Por ejemplo, durante la fase menstrual y la lútea tardía, las deportistas reportaron mayor fatiga y menor disposición para el ejercicio intenso, mientras que en la fase folicular temprana y ovulatoria mostraron un mejor rendimiento en tareas de fuerza y resistencia. Estos hallazgos refuerzan la importancia de adaptar las cargas de entrenamiento según las características hormonales de cada fase.

Bibliografía.

1. Cowley ES, Olenick AA, McNulty KL, Ross EZ. "Invisible Sportswomen": The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. Women In Sport And Physical Activity Journal [Internet]. 21 de septiembre de 2021;29(2):146-51. Disponible en: https://doi.org/10.1123/wspaj.2021-0028
2. Aguilar Macías Andrea Selene, Miranda María de los Ángeles, Quintana Díaz Alfredo. Mujeres, ciclo menstrual y actividad física. AMC [Internet]. Abril de 2017 [consultado el 29 de diciembre de 2024]; 21(2): 294-307. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552017000200015&lng=es.
3. Galindo Garnica, M Análisis del ciclo menstrual desde el rendimiento en los diferentes procesos deportivos. Revisión de literatura. [Internet]. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; 2023 [citado: 2024, diciembre] 105 páginas : gráficas
4. Chidi-Ogbolu N, Baar K. Effect of Estrogen on Musculoskeletal Performance and Injury Risk. Frontiers In Physiology [Internet]. 15 de enero de 2019;9. Disponible en: https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01834
5. Elliott-Sale, K. J., McNulty, K. L., Ansdell, P., Goodall, S., Hicks, K. M., Thomas, K., Swinton, P. A., & Dolan, E. (2020). The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 50*(10), 1785–1812. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01317-5
6. Janse de Jonge, X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Medicine, 33*(11), 833–851. https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004
7. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4), 1667. https://doi.org/10.3390/ijerph18041667
8. Highet, R. (1989). Athletic amenorrhoea: An update on aetiology, complications and management. *Sports Medicine, 7*(2), 82–108. https://doi.org/10.2165/00007256-198907020-00002
9. Redman, L. M., & Loucks, A. B. (2005). Menstrual disorders in athletes. *Sports Medicine, 35*(9), 747–755. https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00002
10. Elliott-Sale, K. J., McNulty, K. L., Ansdell, P., Goodall, S., Hicks, K. M., Thomas, K., Swinton, P. A., & Dolan, E. (2020). The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 50*(10), 1785–1812. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01317-5
11. Janse de Jonge, X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Medicine, 33*(11), 833–851. https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004
12. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4), 1667. https://doi.org/10.3390/ijerph18041667
13. Highet, R. (1989). Athletic amenorrhoea: An update on aetiology, complications and management. *Sports Medicine, 7*(2), 82–108. https://doi.org/10.2165/00007256-198907020-00002
14. Redman, L. M., & Loucks, A. B. (2005). Menstrual disorders in athletes. *Sports Medicine, 35*(9), 747–755. https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00002

15. Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Dunstan JR, Nelson MJ, Mathai ML, et al. A Pilot Study on the Impact of Menstrual Cycle Phase on Elite Australian Football Athletes. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(18):9591. doi: 10.3390/ijerph18189591. PMID: 34574516. PMCID: PMC8471812.
16. García-Pinillos F, Bujalance-Moreno P, Jérez-Mayorga D, Velarde-Sotres Á, Anaya-Moix V, Pueyo-Villa S, et al. Training Habits of Eumenorrheic Active Women During the Different Phases of Their Menstrual Cycle: A Descriptive Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(7):3662. doi: 10.3390/ijerph18073662. PMID: 33915851. PMCID: PMC8036617.
17. Julian R, Skorski S, Hecksteden A, Pfeifer C, Bradley PS, Schulze E, et al. Menstrual Cycle Phase and Elite Female Soccer Match-Play: Influence on Various Physical Performance Outputs. *Sci Med Footb.* 2022;6(1):20–6. doi: 10.1080/24733938.2020.1802057. PMID: 35077332.
18. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2020;50(10):1813–27. doi: 10.1007/s40279-020-01319-3. PMID: 32661839. PMCID: PMC7497427
19. Romero-Parra N, Cupeiro R, Alfaro-Magallanes VM, Rael B, Rubio-Arias JA, Peinado AB, et al. Exercise-Induced Muscle Damage During the Menstrual Cycle: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res.* 2021;35(2):549–61. doi: 10.1519/JSC.0000000000003878. PMID: 33201156.
20. Solli GS, Sandbakk SB, Noordhof DA, Ihalainen JK, Sandbakk Ø. Changes in Self-Reported Physical Fitness, Performance, and Side Effects Across the Phases of the Menstrual Cycle Among Competitive Endurance Athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020;15(9):1324–33. doi: 10.1123/ijspp.2019-0616. PMID: 32957079.
21. Taim BC, Ó Catháin C, Renard M, Elliott-Sale KJ, Madigan S, Ní Chéilleachair N. The Prevalence of Menstrual Cycle Disorders and Menstrual Cycle-Related Symptoms in Female Athletes: A Systematic Literature Review. *Sports Med.* 2023;53(10):1963–84. doi: 10.1007/s40279-023-01871-8. PMID: 37389782.
22. Vargas-Molina S, Petro JL, Romance R, Bonilla DA, Schoenfeld BJ, Kreider RB, et al. Menstrual Cycle-Based Undulating Periodized Program Effects on Body Composition and Strength in Trained Women: A Pilot Study. *Sci Sports.* 2022;37(8):753–61. doi: 10.1016/j.scispo.2022.06.004.
23. García-Pinillos, F., Lago-Fuentes, C., Bujalance-Moreno, P., & Pérez-Castilla, A. (2022). Effect of the Menstrual Cycle When Estimating 1 Repetition Maximum From the Load-Velocity Relationship During the Bench Press Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, *36*(3), e55–e58. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003712
24. Romero-Moraleda, B., Coso, J. D., Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J., & Lara, B. (2019). The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance. *Journal of human kinetics*, *68*, 123–133. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0061
25. Quidel-Catrilelbún, M. E. L., Ruiz-Alias, S. A., García-Pinillos, F., Ramirez-Campillo, R., & Pérez-Castilla, A. (2024). Acute Effect of Different Velocity-Based Training Protocols on 2000-meter Rowing Ergometer Performance. *Journal of strength and conditioning research*, *38*(1), e8–e15. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004595
26. Osmani, F., Terán-Fernández, D., Alonso-Pérez, S., Ruiz-Alias, S. A., García-Pinillos, F., & Lago-Fuentes, C. (2024). Can Women Maintain Their Strength

Performance Along the Menstrual Cycle? *Applied Sciences*, *14*(21), 9818. https://doi.org/10.3390/app14219818.
27. Greenhall, M., Taipale, R. S., Ihalainen, J. K., & Hackney, A. C. (2021). Influence of the Menstrual Cycle Phase on Marathon Performance in Recreational Runners. *International journal of sports physiology and performance*, *16*(4), 601–604. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0238
28. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, *18*(4), 1667. https://doi.org/10.3390/ijerph18041667
29. Von Rosen, P., Ekenros, L., Solli, G. S., Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Hirschberg, A. L., & Fridén, C. (2022). Offered Support and Knowledge about the Menstrual Cycle in the Athletic Community: A Cross-Sectional Study of 1086 Female Athletes. *International journal of environmental research and public health*, *19*(19), 11932. https://doi.org/10.3390/ijerph191911932 .
30. Majumder, T., De Martin Topranin, V., Sandbakk, Ø., & Noordhof, D. A. (2022). Indian Endurance Athletes' Menstrual Cycle: Practices, Knowledge, Communication, Health, and Changes in Perceptions Across the Phases. *International journal of sports physiology and performance*, *17*(12), 1706–1715. https://doi.org/10.1123/ijspp.2022-0131
31. Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine, 24*(2), e51–e82, xiii–xiv. https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003
32. Janse de Jonge, X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Medicine, 33*(11), 833–851. https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004
33. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 50*(10), 1813–1827. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3
34. Sims, S. T., & Heather, A. K. (2018). Myths and methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Experimental Physiology, 103*(10), 1309–1317. https://doi.org/10.1113/EP086797
35. Efecto del estrógeno en el rendimiento del músculo esquelético y riesgo de lesión (Chidi-Ogbolu N, Baar K., 2019)
36. Elliott-Sale, K. J., McNulty, K. L., Ansdell, P., Goodall, S., Hicks, K. M., Thomas, K., Swinton, P. A., & Dolan, E. (2020). The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *50*(10), 1785–1812. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01317-5
37. Janse de Jonge X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *33*(11), 833–851. https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004
38. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, *18*(4), 1667. https://doi.org/10.3390/ijerph18041667

39. Highet R. (1989). Athletic amenorrhoea. An update on aetiology, complications and management. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *7*(2), 82–108. https://doi.org/10.2165/00007256-198907020-00002
40. Redman, L. M., & Loucks, A. B. (2005). Menstrual disorders in athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *35*(9), 747–755. https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00002
41. Solli, G. S., Sandbakk, S. B., Noordhof, D. A., Ihalainen, J. K., & Sandbakk, Ø. (2020). Changes in Self-Reported Physical Fitness, Performance, and Side Effects Across the Phases of the Menstrual Cycle Among Competitive Endurance Athletes. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(9), 1324–1333. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0616
42. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *50*(10), 1813–1827. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3
43. García-Pinillos, F., Lago-Fuentes, C., Bujalance-Moreno, P., & Pérez-Castilla, A. (2022). Effect of the Menstrual Cycle When Estimating 1 Repetition Maximum From the Load-Velocity Relationship During the Bench Press Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, *36*(3), e55–e58. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003712
44. Romero-Moraleda, B., Coso, J. D., Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J., & Lara, B. (2019). The Influence of the Menstrual Cycle on Muscle Strength and Power Performance. *Journal of human kinetics*, *68*, 123–133. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0061
45. Quidel-Catrilelbún, M. E. L., Ruiz-Alias, S. A., García-Pinillos, F., Ramirez-Campillo, R., & Pérez-Castilla, A. (2024). Acute Effect of Different Velocity-Based Training Protocols on 2000-meter Rowing Ergometer Performance. *Journal of strength and conditioning research*, *38*(1), e8–e15. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004595
46. Osmani, F., Terán-Fernández, D., Alonso-Pérez, S., Ruiz-Alias, S. A., García-Pinillos, F., & Lago-Fuentes, C. (2024). Can Women Maintain Their Strength Performance Along the Menstrual Cycle? *Applied Sciences*, *14*(21), 9818. https://doi.org/10.3390/app14219818. Al igual que en el estudio de maratonianas con experiencia que presentan mejor rendimiento durante la fase lútea. Greenhall, M., Taipale, R. S., Ihalainen, J. K., & Hackney, A. C. (2021). Influence of the Menstrual Cycle Phase on Marathon Performance in Recreational Runners. *International journal of sports physiology and performance*, *16*(4), 601–604. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0238
47. . Greenhall, M., Taipale, R. S., Ihalainen, J. K., & Hackney, A. C. (2021). Influence of the Menstrual Cycle Phase on Marathon Performance in Recreational Runners. *International journal of sports physiology and performance*, *16*(4), 601–604. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0238
48. Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in sports medicine*, *24*(2), e51–xiv. https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003
49. Janse de Jonge X. A. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *33*(11), 833–851. https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004

50. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *50*(10), 1813–1827. https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3
51. Sims, S. T., & Heather, A. K. (2018). Myths and Methodologies: Reducing scientific design ambiguity in studies comparing sexes and/or menstrual cycle phases. *Experimental physiology*, *103*(10), 1309–1317. https://doi.org/10.1113/EP086797
52. Solli, G. S., Sandbakk, S. B., Noordhof, D. A., Ihalainen, J. K., & Sandbakk, Ø. (2020). Changes in Self-Reported Physical Fitness, Performance, and Side Effects Across the Phases of the Menstrual Cycle Among Competitive Endurance Athletes. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(9), 1324–1333. https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0616
53. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., Dunstan, J. R., Nelson, M. J., Mathai, M. L., & Wycherley, T. P. (2021). A Pilot Study on the Impact of Menstrual Cycle Phase on Elite Australian Football Athletes. *International journal of environmental research and public health*, *18*(18), 9591. https://doi.org/10.3390/ijerph18189591 .
54. García-Pinillos, F., Bujalance-Moreno, P., Jérez-Mayorga, D., Velarde-Sotres, Á., Anaya-Moix, V., Pueyo-Villa, S., & Lago-Fuentes, C. (2021). Training Habits of Eumenorrheic Active Women during the Different Phases of Their Menstrual Cycle: A Descriptive Study. *International journal of environmental research and public health*, *18*(7), 3662. https://doi.org/10.3390/ijerph18073662
55. Von Rosen, P., Ekenros, L., Solli, G. S., Sandbakk, Ø., Holmberg, H. C., Hirschberg, A. L., & Fridén, C. (2022). Offered Support and Knowledge about the Menstrual Cycle in the Athletic Community: A Cross-Sectional Study of 1086 Female Athletes. *International journal of environmental research and public health*, *19*(19), 11932. https://doi.org/10.3390/ijerph191911932 .
56. Majumder, T., De Martin Topranin, V., Sandbakk, Ø., & Noordhof, D. A. (2022). Indian Endurance Athletes' Menstrual Cycle: Practices, Knowledge, Communication, Health, and Changes in Perceptions Across the Phases. *International journal of sports physiology and performance*, *17*(12), 1706–1715. https://doi.org/10.1123/ijspp.2022-0131
57. Romero-Parra, N., Cupeiro, R., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Rubio-Arias, J. Á., Peinado, A. B., Benito, P. J., & IronFEMME Study Group (2021). Exercise-Induced Muscle Damage During the Menstrual Cycle: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, *35*(2), 549–561. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003878 .
58. S. Vargas-Molina, J.L. Petro, R. Romance et al., Menstrual cycle-based undulating periodized program effects on body composition and strength in trained women: a pilot study, Sci sports, https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.11.003

CAPÍTULO 5

EL CICLO MENSTRUAL DESDE LA PERSPECTIVA DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO

Autores:
Santiago Alejo Ruiz Alias
Alejandro Fernández Martínez
Alejandro Sánchez Álvarez
Manuel González Moreno

1. El ciclo menstrual y su relación con la élite deportiva.

En el ámbito del alto rendimiento deportivo, existen numerosas variables que influyen en el logro de los objetivos. En el caso de las mujeres, se suma un factor fisiológico adicional: el ciclo menstrual.

Si revisamos las noticias de la alta competición en los últimos años, encontramos varios casos que evidencian un alto impacto del ciclo menstrual en el rendimiento. Un ejemplo destacado ocurrió durante los Juegos Olímpicos de Río 2016. La nadadora china Fu Yuanhui logró una excelente actuación en los 100 metros espalda, lo que le valió la medalla de bronce. Sin embargo, días después, en la prueba de relevos 4x100 metros estilos, su rendimiento fue notablemente inferior. Minutos después de la prueba, las cámaras registraron a Fu durante una entrevista, donde se la vio retorciéndose por los espasmos causados por su ciclo menstrual.

Durante los Juegos Olímpicos de París 2024, la atleta china Wu Yanni, una de las mejores vallistas asiáticas con un tiempo de 12,74 segundos en los 100 metros vallas, no logró clasificarse para las semifinales tras registrar un tiempo de 12,97 segundos en las eliminatorias. De nuevo, la atleta confirmó que la coincidencia de su ciclo menstrual con la competición afectó su rendimiento.

Para mitigar este impacto, durante los Mundiales de Atletismo de 2015, la Federación Británica de Atletismo intervino en el caso de la atleta Jessica Judd con el objetivo de retrasar su ciclo menstrual, probablemente mediante el uso de anticonceptivos hormonales. De hecho, si recurrimos a la literatura, el uso de anticonceptivos hormonales es una práctica común entre deportistas de élite. Un aspecto llamativo es que un gran porcentaje de ellas opta por omitir el periodo de placebo para reducir los síntomas de abstinencia hormonal (1). Aunque la literatura actual no reporta efectos secundarios sobre esta práctica, en el caso de Judd, tampoco tuvo un impacto positivo en su rendimiento.

Recientemente, la atleta española de medio fondo Marta Pérez publicó un interesante artículo sobre su relación con el ciclo menstrual (2). En una de sus afirmaciones, destaca: “Quedan pocos días para competir y cada atleta prefiere estar en una fase del periodo cuando se pone los clavos”. Esta declaración pone de manifiesto otro aspecto clave del ciclo menstrual en el deporte: la individualidad. En este sentido, McNamara et al. (3) reportan un dato interesante acerca de la diversidad de opiniones entre atletas que participaron en los Juegos Olímpicos de 2020 sobre en qué fase del ciclo menstrual preferirían competir, resumido en la Figura 1. Las similitudes entre estas respuestas transmiten un mensaje claro: no podemos ignorar el ciclo menstrual en el análisis del rendimiento deportivo.

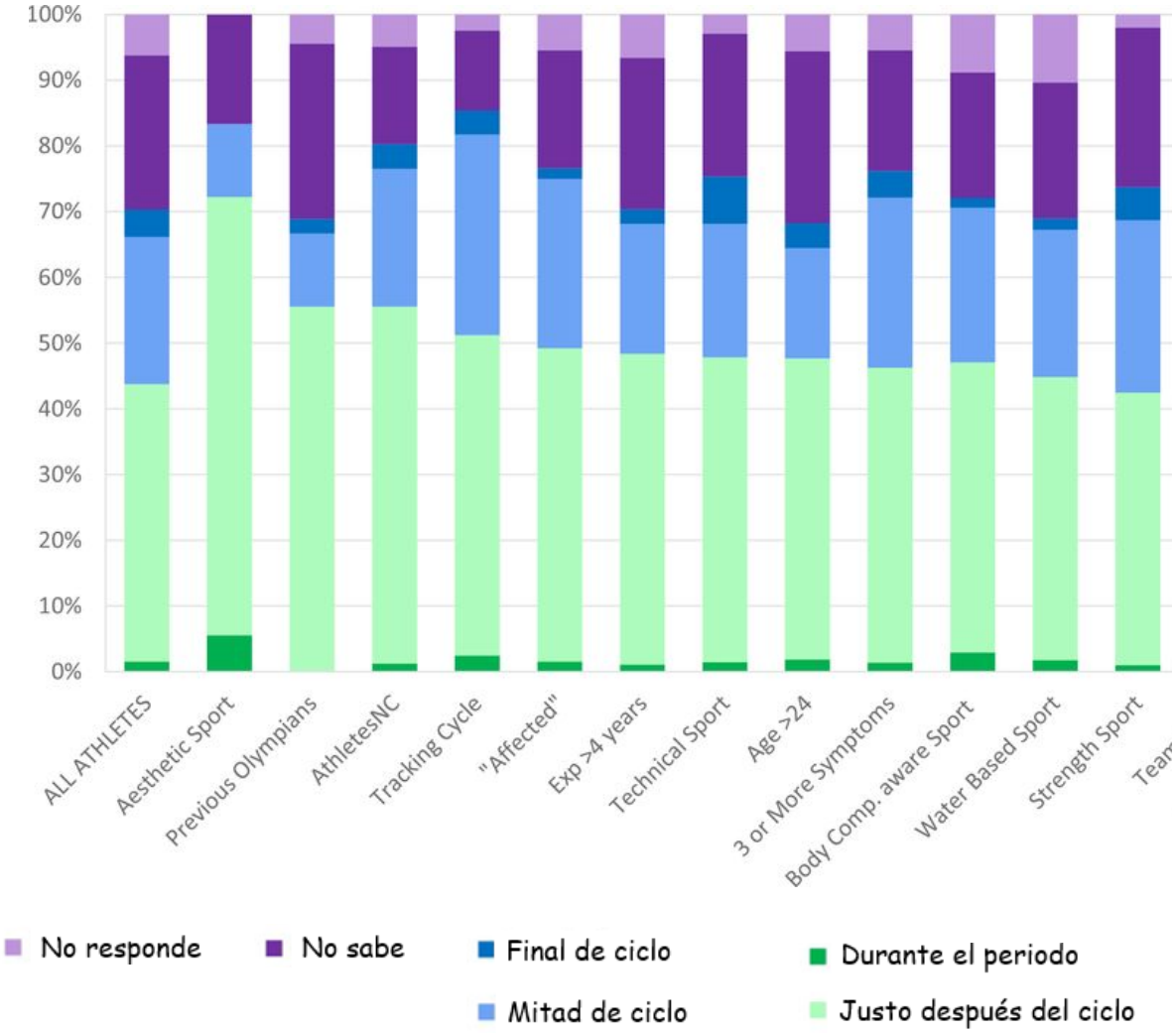

Figura 1. Preferencias de fase del ciclo menstrual para un día de competición importante.

Dicho esto, el ciclo menstrual requiere ser atendido desde la perspectiva de las ciencias del deporte. Adentrémonos en él.

2. Descomponiendo el ciclo menstrual.

Entendemos el ciclo menstrual como un proceso fisiológico que prepara el organismo para la posible gestación. Durante este, la mujer experimenta variaciones hormonales de manera cíclica que inducen cambios estructurales y funcionales dirigidos por el eje hipotalámico-pituitario-ovárico. Además de su función reproductiva, estas fluctuaciones hormonales como veremos a continuación dan lugar a lo que algunos autores denominan "phase-based training", el entrenamiento basado en el ciclo menstrual (4). Empecemos a fundamentar este por las bases. Los protagonistas y la relación entre estos se resumen en la Figura 2.

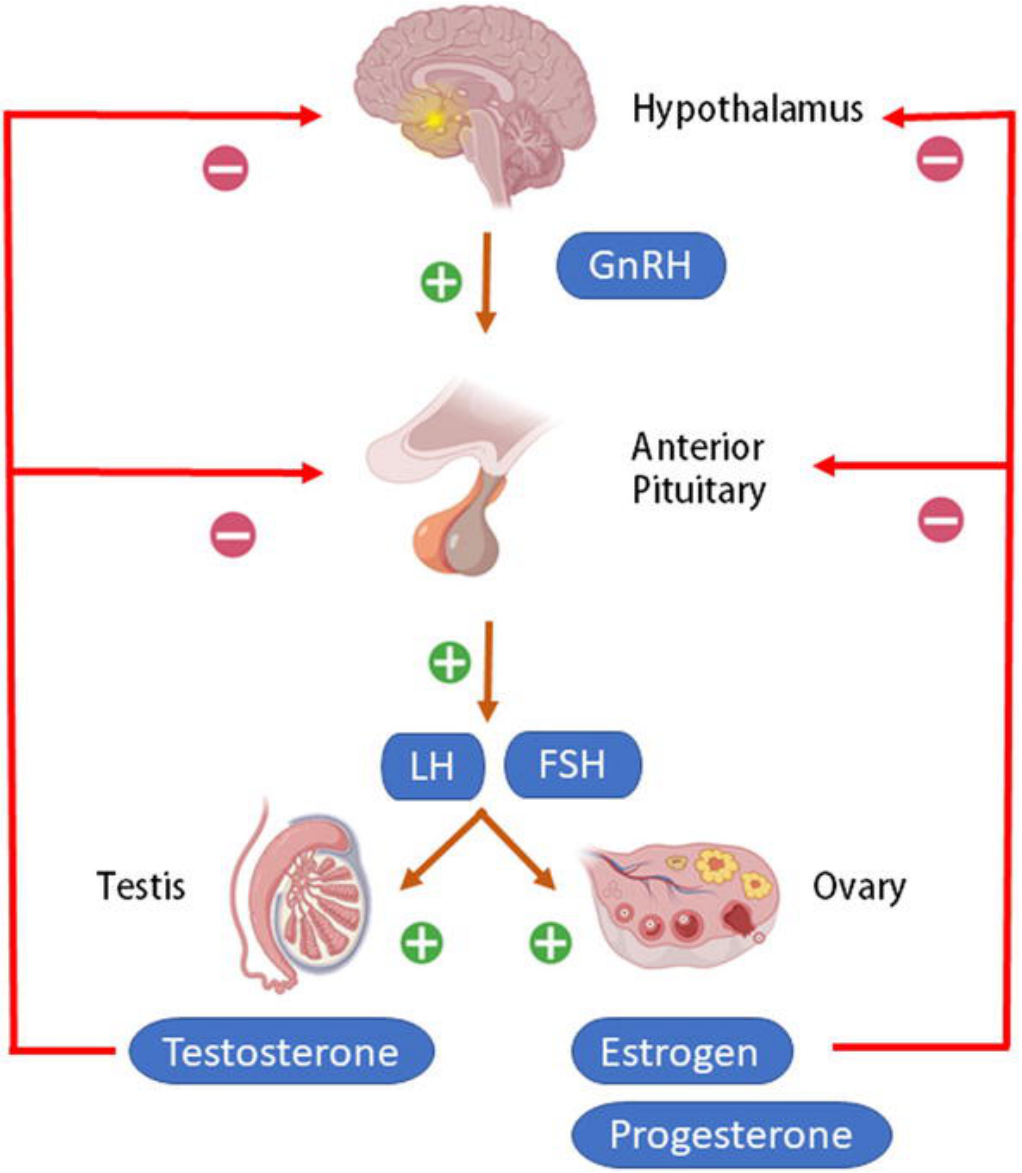

Figura 2. Eje hipotalámico-pituitario-ovárico (HPO). Hipotálamo: Produce GnRH (Hormona liberadora de gonadotropinas), que estimula la hipófisis. Hipófisis: En respuesta a la GnRH, la hipófisis libera FSH (Hormona foliculoestimulante) y LH (Hormona luteinizante). Ovarios: La FSH induce el desarrollo folicular y aumenta los estrógenos. El aumento de estrógenos desencadena un pico de LH, causando la ovulación. El folículo roto se convierte en cuerpo lúteo, que produce progesterona. Retroalimentación: La progesterona inhibe el eje HPO, reduciendo GnRH, FSH y LH. Sin embarazo: El cuerpo lúteo se degenera, disminuyendo estrógenos y progesterona, reiniciando el ciclo. Con embarazo: El embrión produce hormonas que mantienen el cuerpo lúteo y la progesterona, inhibiendo el eje HPO.

Esta relación entre los distintos protagonistas del eje HPO se resume en las distintas fases del ciclo menstrual: La fase folicular, la ovulación, y la fase lútea (Figura 3).

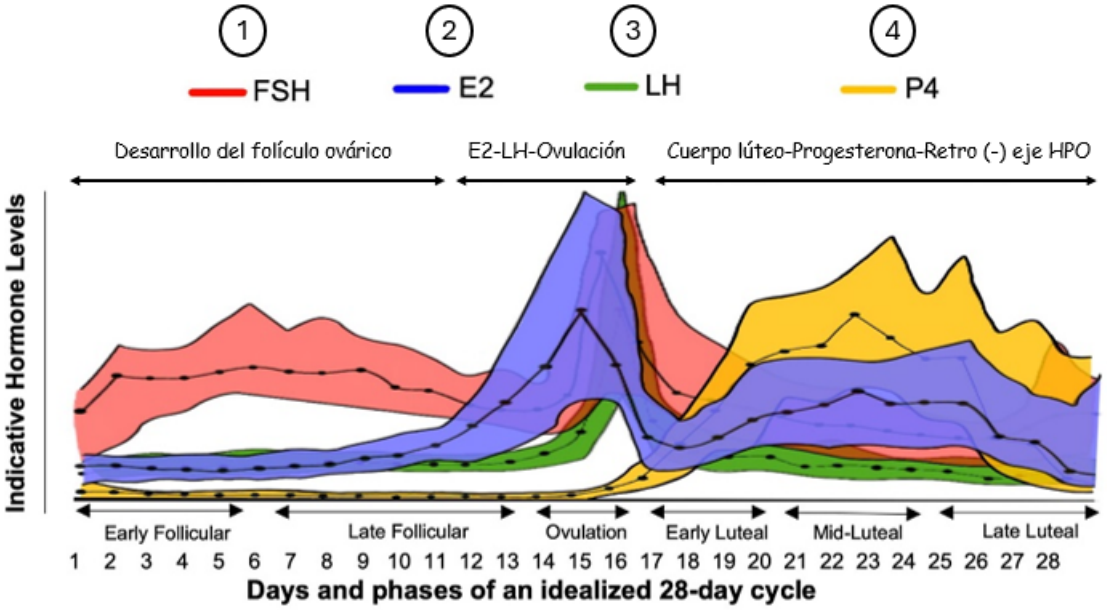

Figura 3. Fases del ciclo menstrual y momentos de acción hormonal del eje HPO. 1) FSH (Hormona foliculoestimulante): Desarrollo del folículo ovárico durante la fase folicular. 2) E2 (Estrógenos): Aumento de LH para desencadenar la ovulación. 3) LH (Hormona luteinizante): Desencadenante de la ovulación. 4) P4 (Progesterona): Inhibición del eje HPO.

3. El ciclo menstrual: Un chivato hormonal.

La acción del eje HPO está programado para ser ejecutado en una duración aproximada de 28 días (21 a 35 días). La normalidad del ciclo menstrual la definimos por eumenorrea (Eu: Buen; Meno: mes; Rrhea: Fluidez). Cualquier alteración de este margen normativo revela una disfunción del eje HPO, cuyos casos, en la mujer deportista nos releva importantes señales potenciales a atender. Progresando en severidad, podemos diferenciar las siguientes alteraciones del ciclo menstrual:

- Fase lútea deficiente: Niveles bajos de progesterona en la fase lútea por la inmaduración del folículo durante la fase folicular. Ciclos menstruales inferiores a los 21 días.
- Anovulación: No se produce la ovulación por bajos niveles de estrógeno durante su maduración. Pueden tener ciclos normativos de 28-35 días.
- Amenorrea: No se produce la ovulación por bajos niveles de estrógeno durante su maduración. Si no hay ovulación, no hay cuerpo lúteo. Si no hay cuerpo lúteo, no hay progesterona. Si no hay progesterona, no hay proliferación del endometrio. Si no hay proliferación del endometrio, no hay sangrado.

En este sentido, Jane de Souza et al. (5) releva que la prevalencia de alteraciones del ciclo menstrual es superior en las mujeres entrenadas respecto a las mujeres sedentarias. Dentro de estas mujeres deportistas, el volumen de entrenamiento semanal parece revelar cierta correlación con las disfunciones del ciclo menstrual. Por un lado, estos autores reportaron que aquellas mujeres deportistas que presentaron un ciclo normativo realizaban un promedio de 6:30 de entreno en la semana. Progresando en severidad, aquellas mujeres que presentaron anovulación realizaban un volumen semanal promedio 7:20. Finalmente,

aquellas mujeres que presentaron amenorrea realizaban un promedio de 11:00 horas promedio.

La literatura científica refuerza esta influencia del volumen de entrenamiento sobre el ciclo menstrual siendo en las atletas de un alto volumen de entrenamiento cardiovascular el desencadenante principal de la amenorrea (6). En este sentido triatletas, atletas, ciclistas, nadadoras deben de concebir el ciclo menstrual como una de las mayores señales de tolerancia al estrés (i.e., alta carga de entrenamiento, estrés psicológico, desbalance energético), para lo cual, los profesionales del deporte deben de reforzarles su importancia. Estas alteraciones parecen ser una respuesta biológica al principio de supervivencia, que prevalece respecto a la función reproductiva. Cabe resaltar que atletas como Laura Luengo, atleta de élite de maratón, confirma a través de las redes sociales tener una "buena salud hormonal" a pesar de los altos volúmenes de entrenamiento que requiere su disciplina. Este aspecto resalta que, desde las Ciencias del Deporte, podemos hacer bien las cosas.

4. Hormonas y rendimiento.

Además de la función reproductiva, el ciclo menstrual como veníamos introduciendo repercute en el rendimiento de las atletas para ambos lados de la balanza. En lo que respecta al aumento del rendimiento, la literatura nos introduce a la temática mediante la comparativa del rendimiento entre hombres y mujeres (7). La supremacía de las capacidades físicas del hombre sobre la mujer parecen ser una obviedad en primera instancia. Sin embargo, en las disciplinas de larga distancia, comenzamos a ver una tendencia a la inversa. La razón, los estrógenos y su efecto en potenciar la oxidación de grasas.

En el contexto de las pruebas de larga distancia, uno de las principales limitantes del rendimiento es la disminución de las reservas de glucógeno. Esto se debe a que las reservas de glucógeno muscular y hepático son finitas. En la Figura 4, se ilustra un ejemplo de la flexibilidad metabólica de un atleta de maratón recreacional. Conforme se incrementa la intensidad, la oxidación de carbohidratos toma el protagonismo. Para completar una maratón y dadas sus reservas de carbohidratos (i.e., 400-600 gramos), la intensidad que este atleta puede permitirse ronda los 4:00 min/km ya que le supone un gasto de 3.5 gramos/minuto (590 gramos total para 2:49:00 de esfuerzo).

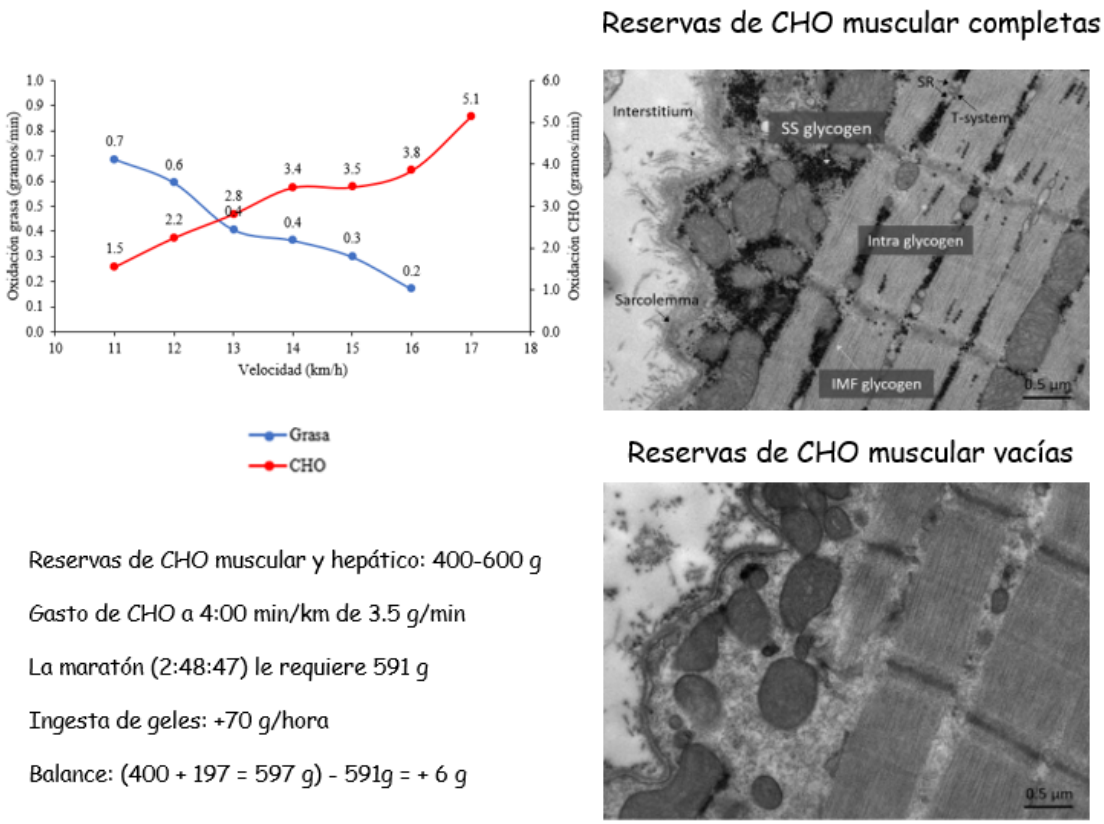

Figura 4. Relación de sustratos (i.e., carbohidratos y grasas) con el aumento de la intensidad. Las reservas de carbohidratos (CHO) junto con el gasto en cada intensidad nos permiten determinar la intensidad de maratón.

En dicha comparativa entre el rendimiento de hombres y mujeres, los mayores niveles de estrógeno en estas les confiere una mayor oxidación de grasas (i.e., los estrógenos facilitan la actividad de las enzimas responsables del transporte y la oxidación de triglicéridos) ante una misma intensidad relativa (8). Si nos centramos solo en estas, dado que dichos niveles de estrógeno fluctúan a lo largo del ciclo menstrual, la fase folicular, supone una ventana de rendimiento óptima en esfuerzos de baja intensidad y larga duración.

Por otro lado, la progesterona es otra de las hormonas protagonistas del ciclo menstrual por sus "efectos secundarios" sobre el rendimiento. En este sentido, las mujeres experimentan un incremento de la temperatura corporal de 0.3 a 0.7 grados durante la fase lútea (9). Este aumento se debe por el efecto de la progesterona sobre el hipotálamo, que aumento del umbral térmico. Todo este proceso tiene una base biológica adaptativa para preparar al cuerpo para un embarazo potencial, optimizando las condiciones fisiológicas para la implantación y el desarrollo embrionario. Desde el punto de vista del rendimiento, esto supone que los mecanismos de termorregulación (i.e., vasodilatación y sudoración) reduzcan su umbral. En consecuencia, los centros de control de la respiración se estimulan, lo que aumenta la frecuencia respiratoria para disipar el calor (10). siendo este el desencadenante del aumento de la percepción del esfuerzo Figura 5.

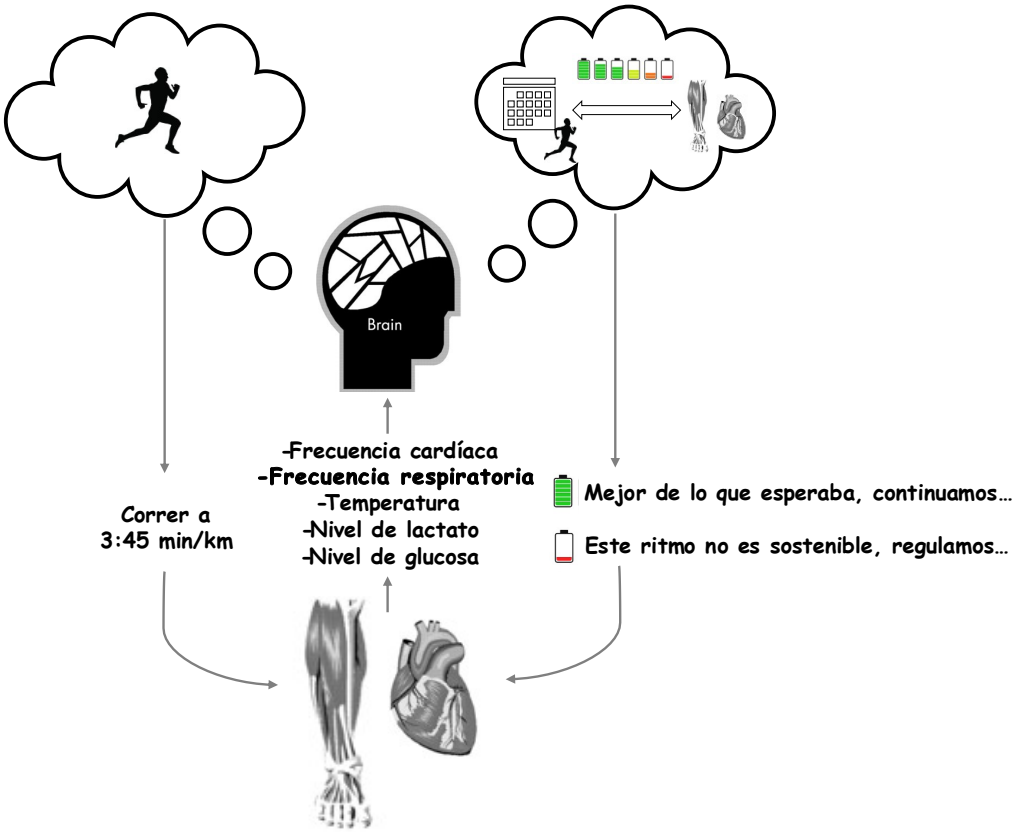

Figura 5. Ilustración del proceso de interpretación del esfuerzo. Las señales aferentes generadas por el esfuerzo son interpretadas por el sistema nervioso central, generando una respuesta adaptativa para la consecución del objetivo. El aumento de la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria aumentarán la percepción del esfuerzo.

Cabe resaltar que la progesterona, con el fin de generar un entorno embrionario favorable, eleva la temperatura corporal no solo aumentando el umbral térmico, sino también incrementando el metabolismo basal (11), lo que tiene una importante repercusión en el balance energético del atleta (+ ~200 kcal/día durante la fase lútea).

Estos hallazgos no solo tienen importantes implicaciones en el rendimiento, sino también en la planificación y gestión del entrenamiento lo que ha dado lugar a promover el denominado “phase-based training”.

6. Hormonas y entrenamiento: Phase Based Training

Para entender la relación entre las hormonas del ciclo menstrual y su consideración en la gestión de cargas, partimos de la idea que entrenamos para estresar a nuestro cuerpo y activar una señalización de adaptación (i.e., crecimiento muscular, biogénesis mitocondria) para que dicho estrés no vuelva a ser un estresor. En este sentido, la literatura sugiere que realizar un entrenamiento de resistencia en la fase folicular puede amplificar la respuesta adaptativa por parte de los estrógenos respecto a realizarlo en la fase lútea (12), lo que aporta un primer fundamento al concepto de "Phase-Based Training".

La fase folicular parece también favorecer la tolerancia a la carga de entrenamiento. El estrógeno parece modular la respuesta inflamatoria al reducir la actividad de ciertas

enzimas proteolíticas y limitando la entrada del calcio a la célula muscular. Esto reduce los efectos de enzimas como la creatina quinasa (CK) y otros marcadores de daño celular, contribuyendo a una recuperación más rápida (13). Asimismo, el estrógeno puede estimular la activación de células satélite, las encargadas de los procesos de reparación y regeneración muscular. Así, el aumento de estrógeno durante el ciclo menstrual puede facilitar la reparación del músculo dañado.

Este entorno favorable de la fase folicular en la tolerancia al entrenamiento parece que encuadran también con las últimas tendencias en la gestión de cargas del entrenamiento mediante el uso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Brevemente, esta métrica de la variabilidad en los intervalos entre latidos nos informa del estado de nuestro sistema nervioso autónomo. Sus dos ramas, la rama parasimpática y simpática toman predominio en función de las prioridades de nuestro organismo: Responder al estrés (vía simpática), o activar mecanismos de recuperación (vía parasimpática). En relación al ciclo menstrual, decíamos que la fase lútea y el aumento de la progesterona ocasionaba un aumento del gasto metabólico basal para aumentar la temperatura corporal, una necesidad reproductiva. Ese estado de gasto se refleja por tanto en una reducción de la variabilidad de la frecuencia cardíaca por el dominio simpático (14). En línea con la filosofía del entrenamiento en base a la variabilidad de la frecuencia cardíaca, durante la fase lútea, se tiende a observar una caída de la variabilidad respecto a los valores normativos, lo que supone un indicativo de retrasar las sesiones de alta intensidad hasta la vuelta a la normalidad (**Figura 6).**

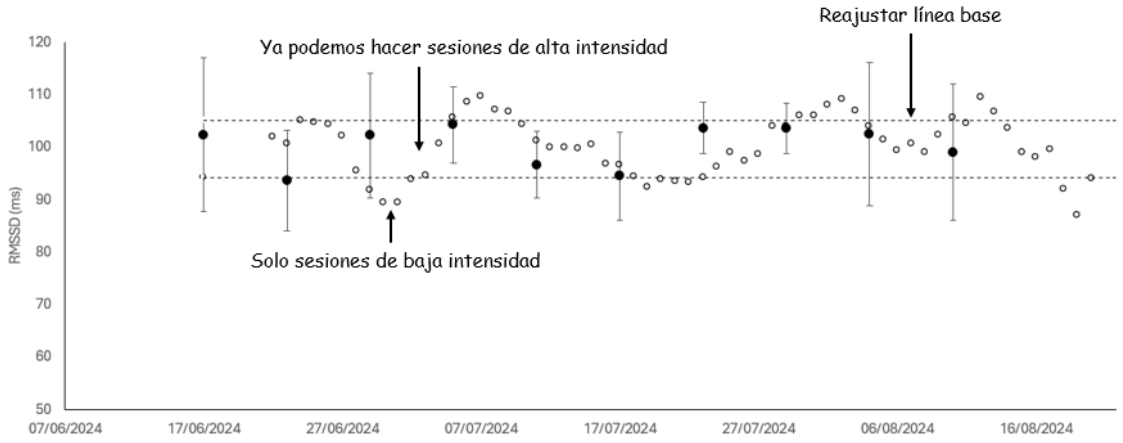

Figura 6. Análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (RMSSD; ms). Las líneas discontinuas representan los valores normativos. Cuando esta cae, existe un dominio simpático, que sugiere una regresión en la carga de entrenamiento.

Los fundamentos del phase-based training se resumen en la Figura 7:

PHASE-BASED TRAINING

- Fase folicular temprana:
Microciclo transitorio por dismenorrea

-Fase folicular tardía:
Microciclo de carga por el efecto anabólico de los estrógenos
(Recuperación y potenciación de las adaptaciones)

-Fase lútea:
Dominio simpático, aumento del gasto energético basal… Reducir frecuencia y carga de entrenamiento.
Facilitar la termorregulación…
(e.g., continuo extensivo exterior vs. Gimnasio)

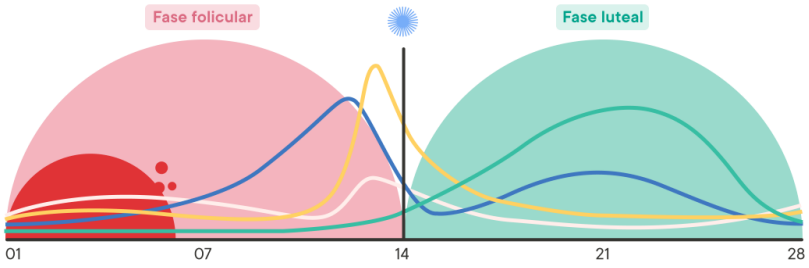

Figura 7. Phase-based training.

Aunque los fundamentos son convincentes, las intervenciones publicadas en la literatura que evidencian la efectividad de este método de trabajo son escasas. Por un lado, Reis y colaboradores (15) reclutaron a un conjunto de 7 mujeres eumenorreicas para realizar una sesión de fuerza (i.e., 3x12 extensiones unilaterales en isocinética) cada 3 días en una pierna, lo que denominaron "regular training", y cada 2 días durante la fase folicular y 1 día en la fase lútea, lo que denominaron "Phase-based training". Tras un periodo de 12 semanas de entrenamiento, la pierna phase-based training aumento un 33% la fuerza isométrica máxima, respecto a un 13% de la pierna "regular training". Por otro lado, Sung et al. (16) reclutaron a un conjunto de 20 mujeres eumenorreicas para realizar 8 sesiones de fuerza (i.e., 3x10 press unipodal) en la fase folicular y 2 en la fase lútea, lo que denominaron "Folicular phase-based training", y en la otra pierna realizaron el patrón inverso, 8 sesiones en la fase lútea y 2 en la fase folicular, lo que denominaron "luteal phase-based training". Los cambios en la fuerza isométrica máxima fueron superiores mediante el folicular phase-based training desde el primer mes de entrenamiento hasta el tercero, evidenciando el efecto positivo de los estrógenos en la adaptación y tolerancia de cargas.

Bibliografía.

1. Oxfeldt, M., Dalgaard, L. B., Jørgensen, A. A., & Hansen, M. (2020). Hormonal contraceptive use, menstrual dysfunctions, and self-reported side effects in elite athletes in Denmark. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(10), 1377-1384.
2. RTVE. (2023, 8 de marzo). *Marta Pérez, sobre la menstruación en competición: "Si me baja justo antes de correr, sé que voy a rendir peor"*. RTVE. https://www.rtve.es/deportes/20230308/dia-mujer-2023-marta-perez-atletismo-menstruacion-competicion/2430293.shtml
3. McNamara, A., Harris, R., & Minahan, C. (2022). 'That time of the month'… for the biggest event of your career! Perception of menstrual cycle on performance of Australian athletes training for the 2020 Olympic and Paralympic Games. *BMJ open sport & exercise medicine*, *8*(2), e001300.
4. Thompson, B., Almarjawi, A., Sculley, D., & Janse de Jonge, X. (2020). The effect of the menstrual cycle and oral contraceptives on acute responses and chronic adaptations to resistance training: a systematic review of the literature. *Sports medicine*, *50*, 171-185.
5. De Souza, M. J., Toombs, R. J., Scheid, J. L., O'Donnell, E., West, S. L., & Williams, N. I. (2010). High prevalence of subtle and severe menstrual disturbances in exercising women: confirmation using daily hormone measures. *Human reproduction*, *25*(2), 491-503.
6. Oxfeldt, M., Dalgaard, L. B., Jørgensen, A. A., & Hansen, M. (2020). Hormonal contraceptive use, menstrual dysfunctions, and self-reported side effects in elite athletes in Denmark. *International journal of sports physiology and performance*, *15*(10), 1377-1384.
7. Tiller, N. B., Elliott-Sale, K. J., Knechtle, B., Wilson, P. B., Roberts, J. D., & Millet, G. Y. (2021). Do sex differences in physiology confer a female advantage in ultra-endurance sport?. *Sports Medicine*, 51(5), 895-915.
8. Tarnopolsky, M. A. (2008). Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. *Medicine and science in sports and exercise*, *40*(4), 648-654.
9. Baker, F. C., Siboza, F., & Fuller, A. (2020). Temperature regulation in women: effects of the menstrual cycle. *Temperature*, *7*(3), 226-262.
10. XA, J. D. J., Thompson, M. W., Chuter, V. H., Silk, L. N., & Thom, J. M. (2012). Exercise performance over the menstrual cycle in temperate and hot, humid conditions. *Medicine and science in sports and exercise*, *44*(11), 2190-2198.
11. Solomon, S. J., Kurzer, M. S., & Calloway, D. H. (1982). Menstrual cycle and basal metabolic rate in women. *The American journal of clinical nutrition*, *36*(4), 611-616.
12. Fu, M. H. H., Maher, A. C., Hamadeh, M. J., Ye, C., & Tarnopolsky, M. A. (2009). Exercise, sex, menstrual cycle phase, and 17β-estradiol influence metabolism-related genes in human skeletal muscle. Physiological genomics, 40(1), 34-47.
13. Romero-Parra, N., Cupeiro, R., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Rubio-Arias, J. Á., Peinado, A. B., ... & IronFEMME Study Group. (2021). Exercise-induced muscle damage during the menstrual cycle: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *35*(2), 549-561.
14. Pestana, E. R., Mostarda, C. T., Silva-Filho, A. C., Salvador, E. P., & de Carvalho, W. R. G. (2018). Effect of different phases of menstrual cycle in heart rate variability of physically active women. *Sport Sciences for Health*, *14*, 297-303.

15. Reis, E., Frick, U., & Schmidtbleicher, D. (1995). Frequency variations of strength training sessions triggered by the phases of the menstrual cycle. *International journal of sports medicine*, *16*(08), 545-550.
16. Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C., & Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *Springerplus*, *3*, 1-10.

CAPÍTULO 6

MUJER Y ENTRENAMIENTO DE FUERZA BASADO EN LA VELOCIDAD DE EJECUCIÓN

Autores:
Alejandro Pérez Castilla
Javier Puente Reyes
Gonzalo Fernández Rivero
Javier Sánchez Prieto
Álvaro Martín Herrero
María Teresa Rodríguez Palacios

1. Introducción a las diferencias del sexo en el entrenamiento de fuerza.

Los hombres son más fuertes que las mujeres en casi todas las etapas de la vida, y esta diferencia se acentúa con la edad. En particular, alrededor de los 15 años comienzan a manifestarse diferencias marcadas en la fuerza entre sexos.

En la adultez, las diferencias sexuales en la fuerza son más notorias en los músculos de la parte superior del cuerpo, donde la fuerza muscular femenina representa aproximadamente entre el 50% y el 60% de la masculina. Además, independientemente del grupo muscular evaluado, la magnitud de esta diferencia varía según el tipo de contracción muscular, siendo mayor en las contracciones concéntricas que en las excéntricas o isométricas (1).

La superioridad masculina en fuerza se debe principalmente a una mayor masa y tamaño muscular, así como a un mayor porcentaje de fibras tipo II, dado que la activación voluntaria es similar en ambos sexos. Además, factores socioculturales influyen en la manera en que hombres y mujeres abordan el entrenamiento de fuerza. Los hombres suelen participar con mayor frecuencia en este tipo de entrenamiento, motivados por la competición y el deseo de aumentar su masa y fuerza muscular. También muestran una mayor preferencia por ejercicios de alta intensidad y enfocados en la parte superior del cuerpo. En contraste, las mujeres tienden a priorizar el atractivo físico, la "tonificación" muscular y el control del peso corporal, inclinándose por entrenamientos supervisados y dirigidos al tren inferior.

En términos de resistencia muscular, las mujeres suelen ser menos propensas a la fatiga en pruebas de resistencia isométrica, aunque esta ventaja es menos evidente en contracciones no isométricas y puede depender del grupo muscular evaluado.

Por otro lado, los hombres presentan una mayor incidencia de lesiones e incluso una mayor tasa de mortalidad relacionada con la práctica de entrenamiento de fuerza, ya que tienden a entrenar con sobrecargas más altas y con mayor frecuencia. Sin embargo, se ha demostrado que no existen diferencias significativas entre sexos en la pérdida de fuerza o en el dolor experimentado tras un entrenamiento que induzca fatiga (1).

En lo que respecta a las diferencias en la respuesta al entrenamiento de fuerza en términos de fuerza absoluta, relativa e hipertrofia en hombres y mujeres jóvenes y de mediana edad, Roberts y colaboradores (2) realizaron una revisión sistemática y metaanálisis en la que observaron que los efectos en la hipertrofia y la fuerza absoluta y relativa del tren inferior fueron similares entre sexos. Sin embargo, hubo un efecto significativo a favor de las mujeres para la fuerza relativa del tren superior.

Otra revisión sistemática y metaanálisis (3) tenía como objetivo principal determinar si existen diferencias de sexo en los cambios en el tamaño y la fuerza muscular absoluta y relativa después del entrenamiento de fuerza en adultos mayores. Los resultados fueron que las mujeres mostraron mayores cambios relativos en la fuerza de la parte superior del cuerpo debido a sus niveles iniciales de fuerza más bajos, mientras que los hombres mostraron mayores cambios absolutos en la fuerza de la parte superior e inferior del cuerpo y tamaño muscular; sin embargo, no se identificaron diferencias en los cambios relativos en la fuerza de la parte superior del cuerpo ni en el tamaño muscular. Cabe

destacar que, aunque los hombres tienen mayores niveles de tamaño muscular que las mujeres, también pierden más tamaño absoluto con el envejecimiento y pueden tener una mayor prevalencia de sarcopenia (es decir, mayor potencial para aumentar el tamaño muscular cuando se exponen a un estímulo de ejercicio).

Una nueva revisión sistemática y metaanálisis en mayores sanos (4), concretamente mayores de 60 años, tenía como propósito evaluar si existen diferencias de sexo en cuanto a los cambios en la masa muscular esquelética, la fuerza muscular y el rendimiento físico después del entrenamiento de fuerza. Los resultados indicaron que se observó un efecto significativo a favor de los hombres en los cambios absolutos en la fuerza de la parte superior e inferior del cuerpo en respuesta al entrenamiento con ejercicios de fuerza. Por otra parte, se observó un efecto significativo a favor de las mujeres en los cambios relativos en la parte superior e inferior del cuerpo en respuesta al entrenamiento con ejercicios de fuerza. Además, los cambios en la masa corporal total absoluta, pero no en la relativa, favorecieron a los hombres. No hubo diferencias entre hombres y mujeres el rendimiento físico (es decir, pruebas de capacidad de caminar y de levantarse de la silla). En cualquier caso, existe evidencia mínima que sugiera que el entrenamiento con ejercicios de fuerza debe prescribirse en función del sexo para producir adaptaciones entre los adultos mayores. El énfasis principal debe ser la adherencia y el mantenimiento del ejercicio.

2. Definición de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución.

El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (del término en inglés *"velocity-based resistance training"*) es un método contemporáneo que utiliza la velocidad a la que se ejecutan las repeticiones con el máximo esfuerzo para prescribir la intensidad (cargas) y el volumen (número de series y repeticiones) durante las sesiones de entrenamiento de fuerza (5). Nótese que este método puede emplearse como complemento o sustituto de los métodos tradicionales (6).

Según Weakley y colaboradores (7), este enfoque permite a los entrenadores prescribir cargas y volúmenes de entrenamiento con precisión, adaptándose a las fluctuaciones en la fatiga y preparación del deportista, lo que mejora la eficacia del entrenamiento.

El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad se presenta como un *continuum*, cuyo enfoque varía según el uso que se le dé a la velocidad y los objetivos que se deseen alcanzar. De menor a mayor uso de la velocidad, podemos:

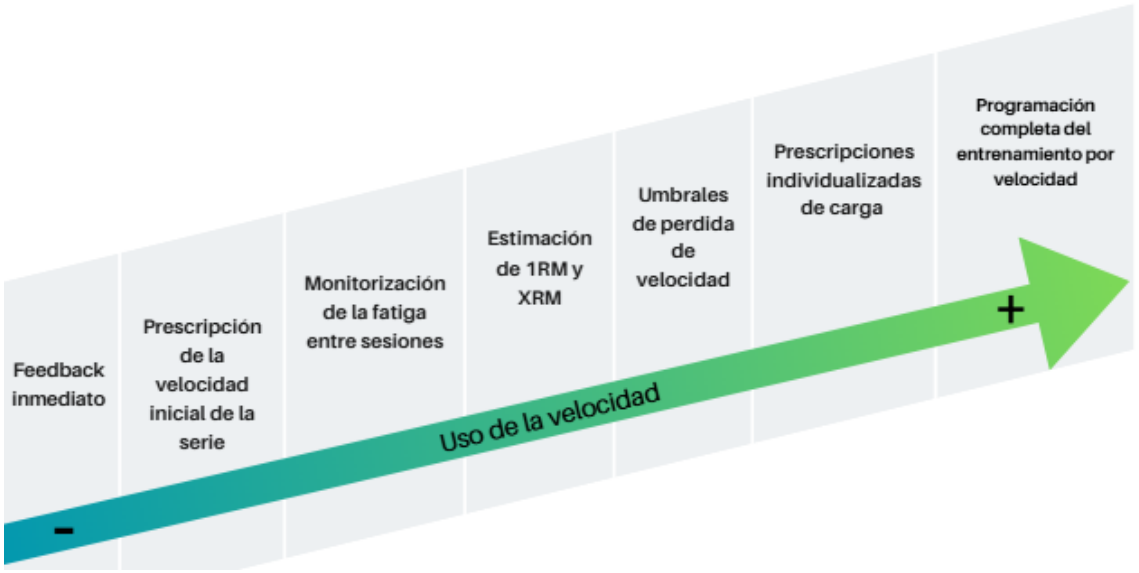

Figura 1. Aportaciones del uso de la velocidad de un menor a un mayor uso en el entrenamiento de fuerza. 1RM, una repetición máxima; XRM, máximo número de repetición completado al fallo muscular momentáneo ante una determinada carga externa. Nota. Figura adaptada de Weakley y colaboradores (7).

3. Importancia de entrenar a la máxima velocidad intencionada.

Desde el punto de vista de la biomecánica, la fuerza se define como el producto de la masa y la aceleración. Si somos capaces de desplazar una determinada carga externa a la máxima velocidad intencionada, se incrementará la aceleración, lo que, a su vez, aumenta la fuerza producida. Sin embargo, es importante aclarar que una baja velocidad no significa necesariamente que no se esté aplicando la máxima velocidad intencionada al desplazar la carga externa (8).

En este contexto, Pareja-Blanco y colaboradores (9) compararon las ganancias de fuerza en dos grupos que realizaban entrenamiento de fuerza, específicamente en el ejercicio de sentadilla. La única diferencia entre los grupos era que uno entrenaba realizando las repeticiones a máxima velocidad, mientras que el otro lo hacía a la mitad de esa velocidad. A nivel agudo, los autores observaron un mayor estrés metabólico (con mayores niveles de amonio y lactato) y mecánico (menor velocidad y altura de salto pre y post-sesión) en el grupo que entrenaba a máxima velocidad en comparación con el grupo que entrenaba a la mitad de la velocidad máxima. Sin embargo, a nivel crónico, el grupo que entrenó a máxima velocidad experimentó mejoras significativas en todas las variables de rendimiento de fuerza muscular y salto, en comparación con el grupo que entrenó a la mitad de la velocidad máxima.

De manera similar, un estudio reciente (10) sobre sentadillas con cargas entre el 45% y el 60% de la una repetición máxima (1RM) mostró que tanto el estrés metabólico como el mecánico fueron superiores cuando se entrenó a máxima velocidad intencionada, en comparación con entrenar a la mitad de esta. Además, se observó que entrenar a máxima velocidad intencionada genera un mayor efecto neural, lo cual se puede atribuir a un mayor reclutamiento de unidades motoras y/o a una mayor frecuencia de impulso. Estos hallazgos refuerzan la idea de que la velocidad del levantamiento es una variable clave

que debe ser considerada, ya que influye directamente en las respuestas neuromusculares agudas del entrenamiento de fuerza. Aunque esto genera mayor fatiga, la respuesta neural es más pronunciada, lo que conlleva a adaptaciones superiores a largo plazo.

Abordando de manera más integral este tema, Hermes y Fry (8) realizaron un metaanálisis donde confirmaron que el entrenamiento de fuerza realizado a una velocidad rápida o tradicional (máxima velocidad o fase concéntrica ≤ 2 segundos) indujo un mayor incremento en la fuerza muscular en comparación con el entrenamiento realizado a una velocidad intencionalmente lenta. Estos autores no reportaron diferencias en cuanto a edad ni nivel de entrenamiento, pero sí se observaron diferencias relacionadas con el sexo: las mujeres respondieron mejor al entrenamiento a la máxima velocidad intencionada. Sin embargo, este resultado puede explicarse por los propios criterios de inclusión de los estudios. En aquellos que favorecían la máxima velocidad intencionada en mujeres, se utilizaban principalmente altas sobrecargas, y según el principio de especificidad, se sabe que se mejorará más la 1RM utilizando cargas máximas que submáximas. Por otro lado, en los estudios que incluían a hombres, las cargas eran generalmente más ligeras. Además, las intervenciones en mujeres tuvieron una mayor duración.

Finalmente, en una intervención con estudiantes de educación física, se llevó a cabo un entrenamiento de dorsiflexión unilateral del tobillo durante dos bloques de ocho semanas de entrenamiento separados por tres semanas. En uno de los bloques se implementó un entrenamiento isométrico, mientras que en el otro bloque se optó por un entrenamiento dinámico a alta velocidad. En ambos bloques, se instruyó a los participantes para que intentaran moverse lo más rápido posible sin importar la resistencia impuesta. Al analizar los resultados, se observó que la velocidad de desplazamiento no tuvo un impacto significativo, ya que no se encontraron diferencias relevantes entre los bloques. Esto refuerza la idea de que la clave está en entrenar con la máxima intencionalidad, independientemente de la velocidad del desplazamiento (11).

4. Aportación de conocimiento de resultados.

La retroalimentación aumentada (del término en inglés *"augmented feedback"*) puede definirse como cualquier información proveniente de una fuente externa sobre el rendimiento del movimiento. Esta información puede ser cuantitativa, como la velocidad de desplazamiento de la barra en un press de banca (conocida como conocimiento de resultados), o cualitativa, como la evaluación del valgo o el ángulo de la rodilla durante una sentadilla (conocida como conocimiento del rendimiento) (12).

Las investigaciones previas han destacado la importancia del conocimiento de resultados como una herramienta simple pero poderosa para optimizar tanto el rendimiento agudo como las adaptaciones inducidas por el entrenamiento de fuerza (13–15). Por ejemplo, a nivel de rendimiento agudo, Weakley y colaboradores (16) encontraron que proporcionar conocimiento de resultados de forma visual o verbal, junto con estímulos motivacionales (por ejemplo, "¡Buen trabajo!"), aumentó la velocidad de ejecución a lo largo de una serie de 10 repeticiones de sentadilla con el 65% de tres repeticiones máximas. Este efecto fue significativamente mayor en comparación con la ausencia de retroalimentación. En cuanto al rendimiento crónico, Nagata y colaboradores (13) demostraron que, tras un programa de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución de cuatro semanas, proporcionar conocimiento de resultados inmediatamente después de cada

repetición resultó más efectivo para mejorar el rendimiento en el salto que recibir un conocimiento de resultados promediado en la serie o información cualitativa sobre la ejecución del ejercicio mediante video. Asimismo, Weakley y colaboradores (15) observaron que, tras un mesociclo de entrenamiento de cuatro semanas, la retroalimentación inmediata sobre la cinemática de la barra en ejercicios de fuerza, los desplazamientos en los saltos y los tiempos en los esprints generó adaptaciones significativamente superiores en comparación con la ausencia de información.

Sin embargo, a pesar del gran potencial del conocimiento de resultados para mejorar la calidad de las sesiones y optimizar las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, no existen investigaciones previas que analicen las diferencias entre sexos en la respuesta a la retroalimentación aumentada.

En este sentido, Jiménez-Alonso y colaboradores (14) analizaron los efectos de proporcionar conocimiento de resultados durante una sesión de entrenamiento enfocada en la fuerza máxima (cuatro series de cinco repeticiones al 75% de la 1RM en sentadilla y press de banca) o en la potencia muscular (cuatro series de cinco repeticiones al 30% de la 1RM en salto vertical con contramovimiento y press de banca lanzado). Si bien se observaron efectos positivos en el rendimiento, no se encontraron correlaciones significativas entre los distintos ejercicios en cuanto a la magnitud de los cambios en la velocidad de ejecución entre la condición de conocimiento de resultados y el grupo control. En otras palabras, el hecho de que un sujeto obtuviera mayores beneficios con la provisión de conocimiento de resultados en un ejercicio no implicaba necesariamente que experimentara mejoras similares en otros ejercicios.

Por lo tanto, dado que los hombres tienden a preferir ejercicios que implican competición, alta intensidad y el fortalecimiento de la musculatura del tren superior, mientras que las mujeres suelen optar por ejercicios del tren inferior, no competitivos, de menor intensidad y con supervisión (1), es plausible hipotetizar que los hombres puedan beneficiarse más del conocimiento de resultados en ejercicios de tren superior con cargas elevadas, mientras que las mujeres podrían obtener mayores beneficios en ejercicios de tren inferior con cargas más bajas. Por ello, los profesionales del entrenamiento deben identificar qué ejercicios generan efectos positivos con la administración de conocimiento de resultados basado en la velocidad de ejecución y priorizar su aplicación en aquellos donde se maximicen sus beneficios.

5. Evaluación del rendimiento con velocidad.

Perfil fuerza-velocidad:

Tradicionalmente, las pruebas de evaluación estándar se han basado en medir el rendimiento ante una única condición de carga, como la altura alcanzada en un salto vertical. Sin embargo, es fundamental comprender que la fuerza, la velocidad y la potencia están interrelacionadas (17). Por ejemplo, un mayor impulso relativo en un salto vertical se traduce en una mayor velocidad de despegue.

En este contexto, la relación fuerza-velocidad se ha empleado para obtener una visión más integral de la función neuromuscular (17). Este concepto se basa en analizar cómo varían la fuerza y la velocidad en respuesta a diferentes cargas externas. En términos

prácticos, se aplica un modelo de regresión lineal a los valores de fuerza y velocidad registrados en distintas condiciones de carga, lo que permite obtener tres parámetros clave: la fuerza máxima teórica (intersección con el eje de la fuerza), la velocidad máxima teórica (intersección con el eje de la velocidad) y la potencia máxima (producto de la fuerza máxima teórica y la velocidad máxima teórica, dividido por cuatro). Este enfoque revela que la fuerza máxima teórica y la velocidad máxima teórica son independientes entre sí, lo que implica que es posible mejorar la velocidad máxima sin necesariamente modificar la fuerza máxima (18).

En cuanto al perfil fuerza-velocidad en mujeres, la evidencia científica indica que: i) los parámetros derivados de este perfil son superiores en hombres en comparación con mujeres en diversas disciplinas deportivas (19), y ii) en mujeres entrenadas, estos parámetros no presentan variaciones significativas a lo largo del ciclo menstrual, independientemente de la fase en la que se encuentren (fase folicular temprana, fase folicular tardía o fase lútea) (20). De hecho, en relación con el ciclo menstrual, una revisión sistemática con metaanálisis determinó que las fluctuaciones hormonales, como los cambios en los niveles de estrógeno y progesterona, no afectan de manera significativa el rendimiento de la fuerza (21).

Perfil carga-velocidad:

En los últimos años, el uso del perfil fuerza-velocidad ha sido objeto de debate debido a preocupaciones sobre su fiabilidad y validez en ejercicios realizados contra la gravedad, como el press de banca lanzado o el salto vertical (22). Esta crítica surge de la extrapolación del último punto experimental a su interacción con la velocidad (23). Como resultado, se cuestiona la precisión de la velocidad máxima teórica y, en consecuencia, de la potencia máxima, lo que limita la aplicabilidad práctica de este enfoque en ejercicios donde la gravedad desempeña un papel determinante.

Para abordar este problema, algunos investigadores proponen la determinación de la relación carga-velocidad (22). Este enfoque consiste en medir simplemente la velocidad a la que se desplazan dos o más cargas externas. De esta manera, se elimina la necesidad de contar con dispositivos sofisticados para medir la fuerza. Al no tener que medir la fuerza y realizar el modelado únicamente entre la carga externa expresada en kilogramos (en lugar de newtons), se mejora la validez, fiabilidad y sensibilidad de las tres variables derivadas de la relación carga-velocidad: la carga máxima teórica (intersección con el eje de la carga), la velocidad máxima teórica (intersección con el eje de la velocidad) y el área bajo la línea de la relación carga-velocidad (producto de la carga máxima teórica y la velocidad máxima teórica, dividido por dos) (22–25).

En cuanto al perfil carga-velocidad en mujeres, un estudio realizado por Morenas-Aguilar y colaboradores (26) demostró que los cambios en las variables del perfil carga-velocidad, medidos antes y después de un protocolo de carrera incremental hasta la extenuación, no variaron significativamente a lo largo del ciclo menstrual. No obstante, se observó un deterioro ligeramente mayor en la fase folicular temprana, aunque también se reportó una gran variabilidad entre mujeres en cada una de las fases del ciclo menstrual.

Una revisión sistemática con metaanálisis (27) reportó hallazgos similares al evaluar el daño muscular inducido por el ejercicio en mujeres eumenorreicas durante el ciclo menstrual. Concretamente, la pérdida de fuerza y el dolor muscular de aparición tardía

fueron significativamente superiores en la fase folicular temprana, en comparación con la fase folicular tardía o la fase lútea. Por ello, estos autores sugieren que, para evitar una fatiga excesiva y grandes daños musculares, se debe priorizar la recuperación en la fase folicular temprana, mientras que la carga de entrenamiento debería concentrarse principalmente en la fase folicular tardía y en la fase lútea.

6. Determinación de la intensidad de entrenamiento.

Las respuestas fisiológicas al entrenamiento de fuerza y las adaptaciones resultantes dependen de diversas variables, como el tipo y el orden de los ejercicios, la intensidad, el volumen, los períodos de descanso entre series y repeticiones, así como la velocidad de ejecución (28). Entre estas variables, la intensidad es uno de los factores clave en la programación del entrenamiento de fuerza.

La intensidad representa el nivel de esfuerzo con el que se lleva a cabo el entrenamiento y es un componente fundamental de la carga de trabajo. En la literatura científica, el método más utilizado para determinar la intensidad es la prueba de la 1RM. Esta prueba consiste en realizar una única repetición con el máximo peso que el deportista pueda levantar manteniendo una técnica adecuada. La 1RM es un indicador de la fuerza dinámica máxima y se emplea comúnmente para prescribir las cargas de entrenamiento de manera precisa (29).

La determinación directa de la 1RM consiste en aumentar progresivamente la carga hasta encontrar el peso máximo que el deportista puede levantar en una única repetición. Este método es el más preciso y fiable para medir la fuerza dinámica máxima. Sin embargo, presenta varias limitaciones, como el riesgo de lesión, el tiempo requerido—especialmente en sujetos inexpertos—y la fatiga física y psicológica que puede generar (30).

Además, el valor de la 1RM es altamente variable debido a factores relacionados con el entrenamiento, como la fatiga acumulada, o a factores externos, como una alimentación inadecuada, el estrés o la falta de sueño (31). Por ello, si las cargas se prescriben en función de la 1RM determinada al inicio de un programa de entrenamiento, los entrenadores no pueden garantizar con exactitud la intensidad relativa que están prescribiendo a sus deportistas.

Debido a las limitaciones mencionadas anteriormente, es necesario recurrir a métodos indirectos para estimar la 1RM. Gracias a los avances en tecnología deportiva, hoy es posible estimarla a partir de la velocidad de ejecución registrada ante una carga submáxima (32). Este enfoque innovador presenta varias ventajas: no requiere realizar un esfuerzo máximo, no induce fatiga significativa, reduce el riesgo de lesión y permite una evaluación más rápida. No obstante, su principal limitación es la necesidad de contar con tecnología precisa para medir la velocidad de la barra con precisión.

En este contexto, numerosos estudios científicos han propuesto ecuaciones carga-velocidad generales para distintos ejercicios de entrenamiento de fuerza (32–34). Estas ecuaciones se obtienen mediante modelos de regresión lineal o, en algunos casos, polinomiales de segundo grado, aplicados a los datos experimentales recopilados de múltiples sujetos. Su propósito es establecer una relación generalizada—promediada

entre los participantes—entre los distintos porcentajes de 1RM y la velocidad de levantamiento correspondiente. Gracias a estas ecuaciones, los entrenadores pueden estimar con mayor precisión la carga relativa de entrenamiento, ajustándola a la preparación diaria de sus deportistas (32).

No obstante, la adopción universal de estas ecuaciones carga-velocidad generales presenta una limitación importante: su especificidad con respecto a diversos factores, como la variante del ejercicio, la edad, el sexo, el dispositivo de medición, el equipamiento, el sujeto y el entrenamiento (35).

En cuanto al sexo, se ha demostrado que, ante cargas relativas ligeras y moderadas, la velocidad de levantamiento es mayor en los hombres que en las mujeres, probablemente debido a su mayor masa muscular y a una mayor proporción de fibras tipo II (34,36,37). Sin embargo, cuando las cargas se acercan a la 1RM, estas diferencias tienden a desaparecer. Por lo tanto, dado que la respuesta en velocidad varía entre hombres y mujeres en función de la carga relativa, sería necesario desarrollar ecuaciones carga-velocidad generales para cada sexo (35).

Una alternativa más sencilla para superar esta limitación es determinar la relación carga-velocidad de forma individual para cada sujeto. Desde un enfoque práctico, la 1RM puede estimarse a partir de esta relación siguiendo tres pasos sencillos: 1) fijar la velocidad correspondiente a la 1RM para un ejercicio determinado, 2) registrar la velocidad de ejecución ante dos cargas distantes, y 3) determinar la relación carga-velocidad y estimar la 1RM como la carga asociada con la velocidad previamente fijada para la 1RM. Para una estimación precisa, se recomienda que la carga más pesada se encuentre a menos de 0.35 m/s del umbral mínimo de velocidad (es decir, la velocidad asociada a la 1RM), mientras que la carga moderada debería situarse entre 0.40 y 0.60 m/s de la carga más pesada (para más detalles, ver (35)).

7. Determinación del volumen de entrenamiento.

El volumen de entrenamiento se define como el número total de series y repeticiones realizadas en una sesión (38). Tradicionalmente, se ha prescrito utilizando un número fijo de repeticiones por serie. Sin embargo, está ampliamente documentado que existe una gran variabilidad interindividual en el número máximo de repeticiones que una persona puede completar hasta el fallo con una carga relativa determinada (39). Como resultado, si dos individuos realizan el mismo número de repeticiones al mismo %1RM, es probable que experimenten diferentes niveles de esfuerzo.

Alternativamente, el control de la velocidad de ejecución se ha propuesto como un indicador válido, objetivo y no invasivo de la fatiga neuromuscular inducida por el entrenamiento de fuerza (7). Esto aplicación práctica se justifica por i) la fuerte asociación observada entre la magnitud de la pérdida de velocidad en la serie y diversos marcadores de fatiga, tanto metabólicos (por ejemplo, amonio o lactato), mecánicos (por ejemplo, pérdida de velocidad y altura de salto), como perceptivos (por ejemplo, la percepción subjetiva del esfuerzo) (40,41), y ii) la fuerte asociación reportada entre la pérdida de velocidad en la serie y el porcentaje de repeticiones completadas en relación con el número máximo que se puede realizar hasta el fallo contra una carga relativa dada (% de

la 1RM), para diversos ejercicios de entrenamiento (por ejemplo, sentadilla, press de banca o dominadas) (39,42).

En base a los argumentos anteriores, se han realizado numerosos estudios para comparar los efectos crónicos de implementar diferentes umbrales de pérdida de velocidad sobre la fuerza muscular, la hipertrofia, la resistencia y el rendimiento en acciones deportivas (43–45). En este sentido, Jukic y colaboradores (46) han demostrado recientemente en una revisión sistemática con metaanálisis que la prescripción de umbrales de pérdida de velocidad bajos a moderados parece ser más eficiente, en términos de tiempo, y más ventajosa que los umbrales de pérdida de velocidad más altos para optimizar la fuerza y la resistencia muscular, el rendimiento en salto y sprint, así como la velocidad contra cargas submáximas. Por el contrario, los umbrales de pérdida de velocidad más altos podrían ser más efectivos para promover la hipertrofia muscular.

Finalmente, un estudio reciente ha demostrado que tanto hombres como mujeres pueden lograr mejoras similares en el rendimiento de fuerza y potencia tras un programa de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ocho semanas, utilizando una pérdida de velocidad del 20% o del 40% (47). Sin embargo, algunos resultados (como la 1RM y las velocidades alcanzadas con cargas bajas/moderadas) sugieren que las ganancias en fuerza y potencia favorecen el uso de una pérdida de velocidad del 40% en lugar del 20% en mujeres. En consecuencia, parece que las mujeres requieren un mayor grado de fatiga dentro de la serie en comparación con los hombres para maximizar el desarrollo de fuerza y potencia. Además, estos autores observaron que los hombres eran más propensos a la fatiga neuromuscular aguda que las mujeres, aunque estas diferencias en la fatigabilidad se redujeron al finalizar el programa de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (48).

Bibliografía.

1. Nuzzo JL. Narrative review of sex differences in muscle strength, endurance, activation, size, fiber type, and strength training participation rates, preferences, motivations, injuries, and neuromuscular adaptations. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2022;37(2):494-536.
2. Roberts BM, Nuckols G, Krieger JW. Sex differences in resistance training: a systematic review and meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(5):1448-1460.
3. Jones MD, Wewege MA, Hackett DA, Keogh JW, Hagstrom AD. Sex differences in adaptations in muscle strength and size following resistance training in older adults: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2021;51:503-517.
4. Hawley SE, Bell ZW, Huang Y, Gibbs JC, Churchward-Venne TA. Evaluation of sex-based differences in resistance exercise training-induced changes in muscle mass, strength, and physical performance in healthy older (≥ 60 y) adults: A systematic review and meta-analysis. Ageing research reviews. 2023;102023.
5. Pérez-Castilla A, García-Ramos A, Gijón-Nieto LM, Marcos-Blanco A, García-Pinillos F. Reliability and concurrent validity of the PUSH Band™ 2.0 to measure barbell velocity during the free-weight and Smith machine squat exercises. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology. 2022;236(4):351-359.
6. Janicijevic D, García-Ramos A, Lamas-Cepero JL, García-Pinillos F, Marcos-Blanco A, Rojas FJ, et al. Comparison of the two most commonly used gold-standard velocity monitoring devices (GymAware and T-Force) to assess lifting velocity during the free-weight barbell back squat exercise. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology. 2023;237(3):205-212.
7. Weakley J, Mann B, Banyard H, McLaren S, Scott T, Garcia-Ramos A. Velocity-based training: From theory to application. Strength & Conditioning Journal. 2021;43(2):31-49.
8. Hermes MJ, Fry AC. Intentionally slow concentric velocity resistance exercise and strength adaptations: A meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2023;37(8):e470-e484.
9. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Gorostiaga E, González-Badillo J. Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. International journal of sports medicine. 2014;35(11):916-924.
10. García JMY, Mora-Custodio R, Ribas-Serna J, González-Badillo JJ, Rodríguez-Rosell D. Movement velocity as a determinant of actual intensity in resistance exercise. International Journal of Sports Medicine. 2022;43(12):1033-1042.
11. Behm DG, Sale DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. Journal of Applied Physiology. 1993;74(1):359-368.
12. Wälchli M, Ruffieux J, Bourquin Y, Keller M, Taube W. Maximizing performance: Augmented feedback, focus of attention, and/or reward? Medicine and Science in Sports and Exercise. 2016;48(4):714.
13. Nagata A, Doma K, Yamashita D, Hasegawa H, Mori S. The effect of augmented feedback type and frequency on velocity-based training-induced adaptation and retention. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(11):3110-3117.
14. Jiménez-Alonso A, García-Ramos A, Cepero M, Miras-Moreno S, Rojas FJ, Pérez-

Castilla A. Effect of augmented feedback on velocity performance during strength-oriented and power-oriented resistance training sessions. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2022;36(6):1511-1517.
15. Weakley J, Till K, Sampson J, Banyard H, Leduc C, Wilson K, et al. The effects of augmented feedback on sprint, jump, and strength adaptations in rugby union players after a 4-week training program. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2019;14(9):1205-1211.
16. Weakley J, Wilson K, Till K, Banyard H, Dyson J, Phibbs P, et al. Show me, tell me, encourage me: The effect of different forms of feedback on resistance training performance. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(11):3157-3163.
17. Jaric S. Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. International Journal of Sports Medicine. 2015;36(09):699-704.
18. Jaric S. Two-loads method for distinguishing among the muscle force, velocity, and power producing capacities. Sports Medicine. 2016;46(11):1585-1589.
19. Jiménez-Reyes P, Samozino P, García-Ramos A, Cuadrado-Peñafiel V, Brughelli M, Morin JB. Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. PeerJ. 2018;6:e5937.
20. García-Pinillos F, Bujalance-Moreno P, Lago-Fuentes C, Ruiz-Alias SA, Domínguez-Azpíroz I, Mecías-Calvo M, et al. Effects of the menstrual cycle on jumping, sprinting and force-velocity profiling in resistance-trained women: a preliminary study. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021;18(9):4830.
21. Blagrove RC, Bruinvels G, Pedlar CR. Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. 2020;23(12):1220-1227.
22. Pérez-Castilla A, Jukic I, García-Ramos A. Validation of a novel method to assess maximal neuromuscular capacities through the load-velocity relationship. Journal of Biomechanics. 2021;127:110684.
23. Pérez-Castilla A, Ramirez-Campillo R, Fernandes JF, García-Ramos A. Feasibility of the 2-point method to determine the load- velocity relationship variables during the countermovement jump exercise. Journal of Sport and Health Science. 2023;12(4):544-552.
24. Pérez-Castilla A, Jukic I, Janicijevic D, Akyildiz Z, Senturk D, García-Ramos A. Load-velocity relationship variables to assess the maximal neuromuscular capacities during the back-squat exercise. Sports Health: A Multidisciplinary Approach. 2022;14(6):885-893.
25. Pérez-Castilla A, Quidel-Catrilelbún MEL, Rodríguez-Pérez MA, García-Ramos A. Association of the load-velocity relationship variables with 2000-m rowing ergometer performance. European Journal of Sport Science. 2023;23(5):736-745.
26. Morenas-Aguilar MD, Ruiz-Alias SA, Blanco AM, Lago-Fuentes C, García-Pinillos F, Pérez-Castilla A. Does the menstrual cycle impact the maximal neuromuscular capacities of women? An analysis before and after a graded treadmill test to exhaustion. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2023;37(11):2185-2191.
27. Romero-Parra N, Cupeiro R, Alfaro-Magallanes VM, Rael B, Rubio-Arias JÁ, Peinado AB, et al. Exercise-induced muscle damage during the menstrual cycle: A systematic review and meta-analysis. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2021;35(2):549-561.
28. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training programmes to

enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. Sports medicine. 2005;35:841-851.
29. Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for muscular strength: Methods for monitoring and adjusting training intensity. Sports Medicine. 2021;51(10):2051-2066.
30. Niewiadomski W, Laskowska D, Gąsiorowska A, Cybulski G, Strasz A, Langfort J. Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): Safety considerations. Journal of Human Kinetics. 2008;19(2008):109-120.
31. Mann JB, Ivey PA, Sayers SP. Velocity-based training in football. Strength & Conditioning Journal. 2015;37(6):52-57.
32. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. I International Journal of Sports Medicine. 2010;31(05):347-352.
33. Conceição F, Fernandes J, Lewis M, Gonzaléz-Badillo JJ, Jimenéz-Reyes P. Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. Journal of Sports Sciences. 2016;34(12):1099-106.
34. García-Ramos A, Suzovic D, Pérez-Castilla A. The load-velocity profiles of three upper-body pushing exercises in men and women. Sports biomechanics. 2021;20(6):693-705.
35. Ramos AG. Resistance training intensity prescription methods based on lifting velocity monitoring. International Journal of Sports Medicine. 2024;45(04):257-266.
36. Pareja-Blanco F, Walker S, Häkkinen K. Validity of using velocity to estimate intensity in resistance exercises in men and women. International Journal of Sports Medicine. 2020;41(14):1047-1055.
37. Nieto-Acevedo R, Romero-Moraleda B, Díaz-Lara FJ, Rubia A de la, González-García J, Mon-López D. A systematic review and meta-analysis of the differences in mean propulsive velocity between men and women in different exercises. Sports. 2023;11(6):118.
38. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. Medicine & science in sports & exercise. 2004;36(4):674-688.
39. González-Badillo JJ, Yañez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. International journal of sports medicine. 2017;38(03):217-225.
40. Sanchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. Medicine and science in sports and exercise. 2011;43(9):1725-1734.
41. Weakley J, McLaren S, Ramirez-Lopez C, García-Ramos A, Dalton-Barron N, Banyard H, et al. Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. Journal of Sports Sciences. 2020;38(5):477-485.
42. Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Sánchez-Medina L, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationship between velocity loss and repetitions in reserve in the bench press and back squat exercises. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2020;34(9):2537-2547.
43. Pérez-Castilla A, García-Ramos A, Padial P, Morales-Artacho AJ, Feriche B. Effect of different velocity loss thresholds during a power-oriented resistance training program on the mechanical capacities of lower-body muscles. Journal of Sports Sciences. 2018;36(12):1331-1339.

44. Pareja-Blanco F, Alcazar J, Sánchez-Valdepeñas J, Cornejo-Daza PJ, Piqueras-Sanchiz F, Mora-Vela R, et al. Velocity loss as a critical variable determining the adaptations to strength training. Medicine and Science in Sports and Exercise. 2020;52(8):1752-1762.
45. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Sanchis-Moysi J, Dorado C, Mora-Custodio R, et al. Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2017;27(7):724-735.
46. Jukic I, Pérez-Castilla A, Ramos AG, Van Hooren B, McGuigan MR, Helms ER. The acute and chronic effects of implementing velocity loss thresholds during resistance training: A systematic review, meta-analysis, and critical evaluation of the literature. Sports Medicine. 2023;53(1):177-214.
47. Rissanen J, Walker S, Pareja-Blanco F, Häkkinen K. Velocity-based resistance training: do women need greater velocity loss to maximize adaptations? European journal of applied physiology. 2022;122(5):1269-1280.
48. Walker S, Häkkinen K, Virtanen R, Mane S, Bachero-Mena B, Pareja-Blanco F. Acute neuromuscular and hormonal responses to 20 versus 40% velocity loss in males and females before and after 8 weeks of velocity-loss resistance training. Experimental Physiology. 2022;107(9):1046-1060.